Б. Г. АНАНЬЕВ

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗЛИЧЕНИЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
1955

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени А. А. ЖДАНОВА

Б. Г. АНАНЬЕВ

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗЛИЧЕНИЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
1955

АННОТАЦИЯ

Книга является обобщением ряда современных данных о пространственном различении. В ней изложены результаты научного изучения пространственно-различительной деятельности основных анализаторов человека; освещаются основы пространственного различения, большое внимание уделяется зрительному, слуховому, кожно-осязательному и кинестетическому пространственному различению, роли ощущений равновесия, обоняния и функциональной асимметрии в пространственном ощущении.

Книга рассчитана на научных работников в области психологии и смежных наук (физиологии, медицины, педагогики и др.), а также на студентов старших курсов университетов и педагогических вузов.

Ответственный редактор
проф. *В. Н. Мясищев*

ОТ АВТОРА

В предлагаемой монографии обобщены основные научные данные о *пространственно-различительной деятельности* основных анализаторов внешней среды, имеющей важное значение для ориентировки человека в пространстве.

Исходя из марксистско-ленинского понимания пространства как формы существования материи и отражения ее в мозгу человека, в нашей монографии мы сделали попытку раскрыть многообразие *непосредственно-чувственного отражения* пространственных отношений между предметами и явлениями объективной реальности.

В современной литературе нет еще систематической сводки научных знаний в этой области. Между тем, необходимо обобщить эти знания для материалистического понимания *источников* целостного восприятия пространства, более сложных обобщенных представлений о пространстве и тем более — образования понятий о пространственных признаках вещей и пространственных отношениях между материальными предметами и явлениями внешнего мира.

В монографии рассмотрены современные научные материалы об *основах* пространственного различения, его видах и общем явлении *функциональной асимметрии* в пространственном различении.

Можно думать, что рассмотренные нами вопросы и научные данные имеют значение для теории восприятия пространства и генезиса пространственных представлений. Кроме того, они могут быть использованы в процессе обучения (письму, рисованию, черчению, элементам геометрии, физической географии и т. д.), а также при подготовке людей к практическому измерению на местности.

Автор будет весьма признателен читателям за критические замечания и содействие в дальнейшей работе по исследованию пространственного различения у человека.

Ленинград
Январь 1955 г.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОСНОВЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗЛИЧЕНИЯ

Каждая форма движущейся материи, воздействующая на органы чувств, отражается в мозгу в виде ощущения, соответствующего этой форме движения материи.

Различные формы движущейся материи (механическое движение тел, молекулярные колебания в виде теплоты, электрического или магнитного тока, химические разложение и соединение, организмы), воздействуя на различные органы чувств, филогенетически приспособленные к определенным формам движущейся материи, отражается в виде различных ощущений: кожных, зрительных, слуховых, обонятельных, вкусовых и т. д. Понятие ощущений поэтому неразрывно связано с понятием *материи, которая вызывает ощущения и в них отражается.* По учению В. И. Ленина, «материя есть философская категория для обозначения объективной реальности, которая дана человеку в ощущениях его, которая копируется, фотографируется, отображается нашими ощущениями, существуя независимо от них».[1]

В. И. Ленин сформулировал известное положение о том, что «ощущение есть образ движущейся материи. Иначе, как через ощущения, мы ни о каких формах вещества и ни о каких формах движения ничего узнать не можем; ощущения вызываются действием движущейся материи на наши органы чувств».[2]

Многообразие явлений внешнего мира, воздействующих на органы чувств и мозг человека, определяет множество и разнообразие *ощущений — чувственных образов внешнего мира.* Но известно, что орган чувств является лишь частью более сложного нервного механизма — анализатора, состоящего из органа чувств, чувствительных (центростремительных) нервов и мозговых концов анализатора. Источником деятельности всего анализатора в целом является превращение энергии внешнего мира в нервный процесс, возникающий в органе чувств. Мозг человека — материальный орган сознания —

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 117.
[2] Там же, стр. 288.

связан с внешним миром через органы чувств. Поэтому ощущения, производимые деятельностью органов чувств и анализатором в целом, суть самые *элементарные факты сознания,* непосредственно отражающие внешний мир в образах.

Видение, слышание, осязание, обоняние и другие чувственные деятельности мозга производят бесчисленное множество ощущений, являющихся источниками нашего познания внешнего мира. По классическому определению В. И. Ленина, «ощущение есть действительно непосредственная связь сознания с внешним миром, есть превращение энергии внешнего раздражения в факт сознания. Это превращение каждый человек миллионы раз наблюдал и наблюдает действительно на каждом шагу».[1] Именно в форме ощущений совершается переход от материи к сознанию, в непосредственно чувственное отражение материи человеком. Этот переход, как указывал В. И. Ленин, происходит миллионы раз в жизни человека. В качестве иллюстрации к данному положению В. И. Ленина можно привести показательный расчет И. М. Сеченова. Беря максимальную величину на каждую новую фазу восприятия продолжительностью в 5 секунд, можно рассчитать, что за 12 часов в день человек испытывает не менее 8000 отдельных зрительных ощущений. Приблизительно столько же человек испытывает слуховых ощущений, особенно если учесть роль слуха в речевом общении между людьми. Еще больше испытывает человек ощущений, производящих дробный анализ движения тела (рабочих движений и действий, ходьбы, артикуляционных движений речедвигательного аппарата и т. д.). К этому нужно добавить многие тысячи обонятельных, вкусовых ощущений, а также ощущений, сигнализирующих человеку о состоянии внутренней среды тела. Но человек бодрствует не 12 часов, а больше. К тому же, в состоянии неглубокого сна имеет место заторможенная деятельность органов чувств.

Таким образом, только суточное число ощущений определяется в несколько десятков тысяч. Накопление этих огромных масс ощущений, их следов и бесконечных ассоциаций между ними составляет чувственную основу мышления.

Ассоциации и переработка ощущений образуют более сложные образы действительности — восприятия и представления. Вместе с восприятиями ощущения составляют живое созерцание человеком объективной действительности, *чувственное знание о внешнем мире.* Но познание есть сложный противоречивый процесс, в котором диалектически взаимосвязаны живое созерцание, абстрактное мышление и практика, как это раскрывается марксистско-ленинской теорией познания.

Без ощущений, являющихся относительно верным снимком с внешнего мира, не может нормально протекать и сама жизнедеятельность животных и человека. «Мог ли бы происходить... обмен веществ, если бы ощущения данного организма не давали ему объ-

---

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 39—40.

ективно правильного представления об этом внешнем мире?»[1] Благодаря ощущениям человек ориентируется в явлениях и предметах внешнего мира, составляющих различные условия его существования. Без ощущений и помимо их не может возникнуть никакая самая абстрактная мысль, никакое мысленное (обобщенное и опосредствованное) отражение бытия. Однако ощущения еще не дают полного знания о явлениях внешнего мира. Лишь в единстве с мышлением на основе языка образуется подобное знание. Решающее значение для всего процесса познания, начиная с ощущения, имеет практика.

Проверка правильности образов, отделение истинных образов от ложных дается практикой. Положение о том, что в практической деятельности мы употребляем вещи сообразно их действительным свойствам, подробно обосновано классиками марксизма-ленинизма.

Проверка правильности, истинности образов не всегда возможна на основе личного опыта человека, но всегда осуществима и осуществляется *общественной практикой людей*, обусловливающих и личный опыт отдельного человека.

В психологии имеются научные данные, показывающие ведущую роль *деятельности* человека в динамике его ощущений. Это положение имеет и свое физиологическое обоснование. Еще И. М. Сеченов, исходя из рефлекторной теории работы головного мозга, доказал, что ощущение и движение составляют единое рефлекторное целое. Внешние раздражители, воздействующие на глаз, ухо, кожу и т. д., являются сигналами для движения, поскольку головной мозг принял эти сигналы и превратил их в импульсы для нервно-мышечного аппарата. Совершаемые на основе этих внешних сигналов движения сами вызывают так называемые мышечно-суставные ощущения, которые сигнализируют мозгу о правильности или неправильности движений (по отношению к внешнему условию, породившему данную деятельность).

Будучи неотделимыми от человека, ощущения развивались в ходе исторического развития общественно-трудовой деятельности людей. При этом на качественное преобразование анализаторов и ощущений человека решающее влияние оказало то обстоятельство, что трудовая деятельность все больше и больше расширяла границы познания человеком внешнего мира. Открывая все новые и новые свойства и качества предметов внешнего мира, человек приобретал и новые возможности его чувственного отражения. Поэтому отождествление деятельности органов чувств животных и человека является ошибочным, несмотря на сходство в устройстве и функциях их органов чувств. Ощущения людей зависят от жизненных условий их существования, т. е. от изменения природы общественно-трудовой деятельностью. Деятельность анализаторов человека определяется общественным характером жизни человека, характером его общественно-трудового отношения к природе. В результате исторического развития человека качественно изменялись не только условия дея-

[1] В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 33.

тельности анализаторов (их концевых приборов — органов чувств), но и *сама деятельность* всех анализаторов человека.

Особенно важные изменения отмечаются в кинестетическом (двигательном) анализаторе человека. На основе трудовой деятельности развилось разделение функций между конечностями. Руки являются не только продуктом, но и естественным органом труда. В трудовых действиях и движениях рук человек испытывает тончайшие мышечно-суставные ощущения, сигнализирующие о процессе работы. Прямая походка при вертикальном положении тела стала у человека важным источником ощущений. И. М. Сеченов считал ходьбу дробным анализатором пространства и времени.

Каждое ощущение, будучи продуктом деятельности анализатора как чувствующей системы мозга, дробит, разлагает внешний мир на мельчайшие отдельности (И. П. Павлов). Отдельное ощущение выделяет определенное свойство данного внешнего предмета, воздействующего на данный орган чувств. Зрительное ощущение выделяет в предмете и окружающей его среде оптические (световые) свойства: освещенность, цвет.

Кожные ощущения отражают в предмете качество поверхности (гладкость, шероховатость), его температуру. Сочетание кожных ощущений с мышечно-суставными ощущениями позволяет распознать плотность, упругость материального тела. Слуховые ощущения отражают звуковые колебания, звуковые свойства тел, возникающие при их взаимодействии, и т. д.

Следовательно, каждое ощущение отражает определенное свойство отдельного предмета, т. е. единичное явление внешнего мира.

Однако было бы неправильно думать, что ощущение есть образ лишь отдельных свойств предмета. Ощущение фиксирует *общее* свойство *различных* предметов внешнего мира (например освещенность и цвет различных по своей форме, плотности, звуковым свойствам вещей). Можно сказать, что каждая определенная форма ощущений (зрительная, слуховая и т. д.) отражает через единичное общее свойство данной формы движения материи.

Экспериментально-психологические исследования показали, что в первые мгновения зрительного ощущения человек осознает прежде всего то, что на него действует в данный момент: не звук или запах, а *свет,* т. е. самое общее в оптических раздражителях. Затем человек осознает интенсивность светового воздействия или цвет поверхности воздействующего на него тела.

При выработке условного рефлекса на световой раздражитель (например красный цвет) вначале имеется общая реакция анализатора на любой световой раздражитель (но не вообще на любое внешнее воздействие), т. е. разлитое состояние процесса возбуждения. Лишь в процессе дифференцировки (различного действия подкрепляемых и неподкрепляемых раздражителей) реакция возникает не на *любой цветовой* раздражитель, а именно на *красный* цвет.

Следовательно, в каждом отдельном ощущении отражаются и общие свойства данной формы движения материи и особенные проявления этого свойства в единичном предмете внешнего мира. Одна-

ко сочетания общего и единичного в конкретном ощущении возникают на базе единичного предмета, воздействующего на орган чувств в данный момент.

Движущаяся материя, предметы и явления внешнего мира всегда существуют в определенных условиях пространства и времени. Поэтому в ощущениях отражены свойства вещей не вне времени и пространства, а в конкретных пространственно-временных условиях. Так, зрительный образ предмета отражает не только оптические свойства вещи (свет, цвет), но и протяженность, величину, форму, положение вещи в пространстве относительно других вещей и т. д. Слуховой образ воспроизводит не только высоту, длительность, силу звука, но и местоположение источника звука. В кожных ощущениях отражены не только фактура поверхности соприкасающегося с кожей предмета, но и его протяженность. Следовательно, в ощущениях отражаются и такие общие признаки вещей, как их пространственные признаки и отношения.

Известно также, что все анализаторы отражают и временные условия существования отражаемых вещей и их взаимосвязи. Отсюда следует, что в чувствующей деятельности мозга заключены источники познания не только предметов и явлений внешнего мира, но и пространства и времени как форм существования движущейся материи.

Общую материальную основу ощущений любого вида (зрительных, слуховых, обонятельных и т. д.) составляет деятельность анализатора, т. е. чувствующей системы мозга. Каждое из ощущений есть функция соответствующего анализатора (светового, звукового, запахового и т. д.). Анализаторы представляют собой один из основных нервных механизмов. Другим является механизм временных связей, или условных рефлексов, от которых зависит уровень деятельности анализатора, а следовательно, скорость и точность ощущений.

Механизм временных связей имеет особое значение в развитии анализаторной деятельности, в повышении его чувствительности к определенным материальным воздействиям.

Условнорефлекторная обусловленность работы анализаторов наиболее ярко проявляется в различении, или различительной чувствительности, анализаторов.

На анализатор действуют *одновременно* или *последовательно* (друг за другом) несколько или множество раздражителей. Между этими раздражителями имеется объективная связь по их материальной природе, пространственному положению, по времени действия на рецептор. Данные раздражители еще в большей мере объективно отличны друг от друга по качеству, интенсивности, пространственно-временным признакам и отношениям.

Отражение различия между раздражителями одного рода носит название процесса различения. В этом процессе отдельные (одновременно или последовательно протекающие) ощущения связываются друг с другом, становясь источником сложного мыслительного процесса — *сравнения.* Процесс различения, так же как и процесс ощущения, характеризуется определенными пороговыми величинами

(разностными порогами, или порогами различения). По этим пороговым для процесса различения величинам определяют различительную, или разностную, чувствительность человека.

Материальную основу процесса различения составляет различительная (дифференцировочная) деятельность коры головного мозга человека. Одной из важнейших особенностей высшей нервной деятельности является дифференцировка близких сигналов, воздействующих на один и тот же анализатор.

Специализация условного раздражителя, т. е. превращение его из индифферентного в условный, связана именно с дифференцировкой внешних раздражителей, действующих на один и тот же организм. Опыты И. П. Павлова и его сотрудников показали, что *тысячекратное* повторение какого-либо сигнала, подкрепленное безусловным раздражителем, не приводит к специализации условного раздражителя. При таком положении животное продолжает отвечать слюноотделительной реакцией и на близкие сигналы. Так, например, если условным раздражителем избран метроном, производящий 120 ударов в минуту, то слюноотделительная реакция будет иметь место и при 150 и при 70 ударах в минуту. Стоит, однако, дать однократную пробу одного из близких сигналов без подкрепления, а условный раздражитель сопроводить подкреплением, как произойдет специализация условного раздражителя. Слюноотделительная реакция будет иметь место только при действии условного раздражителя и не будет иметь места при действии близких сигналов.

Нельзя думать, что при обобщенном (генерализованном) рефлексе на близкие сигналы вовсе не находят себе места различения между интенсивностью и качествами близких сигналов. Однако здесь имеется лишь установление, или констатация, разницы, обусловленной различием в колебаниях процесса возбуждения. Внешним выражением изменения возбудительного процесса будет ориентировочная реакция на любую смену одного раздражителя другим. И. П. Павлов отделял дифференцировку раздражителей от подобной констатации, или установления разницы раздражителей. Он доказал, что выработка дифференцировок основана на развитии внутреннего торможения в отношении дифференцируемых раздражителей.

Подобная выработка возможна лишь посредством условнорефлекторной деятельности. Замыкание временной связи между данным (специализированным) условным раздражителем и определенной деятельностью обозначает не только анализ внешних раздражителей, но и установление связи между ними путем их соединения (синтеза).

В основе процесса различения лежит единство аналитической и синтетической работы коры больших полушарий головного мозга.

Исключительно большую роль в дифференцировке внешних раздражителей человеком играет слово. Обозначение словом обобщенного знания о предметах и отношениях внешнего мира способствует развитию процесса различения. С увеличением словарного запаса и овладением грамматическим строем родного языка ребенок учится тонко различать близкие по своей природе и интенсивности внешние раздражители. Обострение разностной чувствительности выражается

в развитии наблюдательности у ребенка, тесно связанной с формированием второй сигнальной системы как основы речи и мышления.

В опытах по изучению процесса дифференцировки раздражителей соответствующее слово не только заменяет дифференцируемый раздражитель, но и организует весь процесс дифференцировки. Влияние второй сигнальной системы на первую особенно сказывается на развитии разностной чувствительности человека. Данные Л. А. Шварц свидетельствуют о том, что с возрастом у детей сильно обостряется разностная чувствительность (у старших детей более тонкая, чем у младших), несмотря на менее значительные сдвиги чувствительности абсолютной. Развитие разностной чувствительности неразрывно связано с совершенствованием культуры речи детей в процессе их воспитания и обучения.

Тем более всепроникающе влияние второй сигнальной системы и слова, как ее элемента, на разностную чувствительность человека в процессе трудовой деятельности людей.

Минимальное различие между двумя раздражителями, которое вызывает едва заметное различение ощущения, характеризует порог различения, или разностный порог.

Необходимо определенное соотношение между интенсивностями двух раздражителей для того, чтобы они отразились в ощущениях в виде *различения.*

Физиолог Вебер нашел, что отношение добавочного раздражителя к основному должно быть величиной *постоянной.* Так, например, для различения прироста ощущения тяжести такая *постоянная прибавка* интенсивности раздражителя равна $^1/_{30}$ исходного веса.

В зрительных ощущениях постоянной величиной является $^1/_{100}$ исходной величины интенсивности светового раздражителя, что и составляет пороговую величину светоразличения.

Для слухового различения эта постоянная пороговая величина равна $^1/_{10}$ добавочного раздражителя к исходному (основному). Критическая проверка данного положения показала, что оно правильно только по отношению к раздражителям *средней величины.* При приближении к абсолютным порогам ощущений величина прибавки перестает быть величиной постоянной.

Физик и психолог Фехнер продолжил опыты Вебера и выразил результаты их в математическом виде. Считая от порога абсолютной чувствительности, Фехнер принял изменяющуюся интенсивность ощущений за сумму (или интеграл) едва заметных увеличений. Последние он рассматривал в качестве бесконечно малых величин (дифференциалов), которые были приняты им за единицу меры. Сопоставляя минимальные величины разностей раздражителей с ощущениями минимальных разностей, Фехнер получил два ряда величин разностей раздражителей и различений.

Было сформулировано положение, что ощущения возрастают в арифметической прогрессии, в то время как раздражения возрастают в геометрической прогрессии. Иначе это положение формулируется в следующем виде: ощущение возрастает пропорционально логарифму интенсивности раздражителя. Если, предположим, раздражители

образуют ряд определенных величин (например 10; 100; 1000; 10 000), то интенсивность ощущений будет пропорциональна числам: 1; 2; 3; 4. Формула Фехнера имеет лишь приблизительное значение. Поэтому исследователи приняли только основной смысл этой формулы, заключающийся в том, что ощущения возрастают не пропорционально возрастающей силе раздражителей, а гораздо медленнее.

Нашему крупному биофизику и физиологу акад. П. Н. Лазареву принадлежит установление более точных и многосторонних зависимостей между возрастанием интенсивности раздражений и ощущений. Проблема указанных соотношений получает свое разрешение на основе физиологии высшей нервной деятельности. Отношение между ростом интенсивности раздражителей и ощущений определяется взаимодействием процессов возбуждения и торможения, особенно внутреннего торможения, при дифференцировке раздражителей.

Повторение в упражнениях аналитической и различительной работы обеспечивает возможность обобщения и переноса образованного навыка различения в другие условия. Установлено, что сенсибилизация одного глаза (воспринимающего в данный момент) отражается на состоянии другого глаза, закрытого в тот момент. Так, например, условнорефлекторное повышение остроты зрения воспринимающего правого глаза переносится и на левый глаз, для чего не требуется никакой дополнительной тренировки (опыты Е. П. Мирошиной-Тонконогой в нашей лаборатории). Повышение кожной чувствительности на одной из рук переносится на другую, непосредственно не раздражавшуюся (опыты Л. Л. Рыковой в нашей лаборатории). Сенсибилизация одной правой половины носа вызывает повышение сенсибилизации левой половины, которая в опыте была изолирована от раздражения и т. д.

Подобные результаты объясняются тем, что сенсибилизация одного из парных рецепторов (например одного из глаз и т. д.) в действительности есть сенсибилизация анализатора в целом. Повышение работоспособности мозгового конца единого анализатора изменяет функциональное состояние и другого одноименного рецептора, не подвергавшегося раздражению. Тем самым эффект упражнения всегда удваивается, распространяясь с одного одноименного рецептора на другой.

Повышение чувствительности к одному раздражителю может *переноситься* на анализ и различение других раздражителей (в пределах данного рецептора). Так, Л. Л. Шварц показано, что сенсибилизация глаза к одному цвету (например красному) повышает чувствительность глаза к другому цвету (например желтому). В хроматическом зрении эти явления разнообразны.

При сенсибилизации к запаху одного вещества отмечается некоторое повышение обонятельной чувствительности к запахам других веществ (А. И. Бронштейн).

Сенсибилизация имеет место в деятельности любого анализатора, особенно по отношению к тем свойствам материальных предме-

тов и явлений, которые связаны с предметом и средствами деятельности данного человека.

В каждое мгновение жизни человека на него действует одновременно и последовательно множество раздражителей различной материальной природы. На эти воздействия мозг человека отвечает множеством одноименных и разноименных ощущений, среди которых имеет место то или иное взаимодействие благодаря замыканию временных связей между разными анализаторами. Типичный пример взаимодействия одноименных ощущений представляют явления контраста, или переноса сдвигов чувствительности с одного одноименного рецептора на другой.

Не меньшее значение для повышения чувствительности данного рецептора имеет взаимодействие разноименных ощущений. Благодаря взаимодействию зрительных и мышечно-суставных ощущений возможна совместная деятельность руки и глаза в трудовом акте (так называемая зрительно-моторная координация). Взаимодействие кинестетических и тактильных ощущений рук порождает осязание как специфически человеческую форму восприятия. Взаимодействие слуха и кинестезии речедвигательного аппарата составляет условие речевого общения между людьми.

Необычайно глубокой является мысль Ф. Энгельса о том, что «к нашему глазу присоединяются не только другие чувства, но и деятельность нашего мышления».[1] Присоединение мышления к зрению (а также и к другим ощущениям человека) осуществляется речью на основе общенародного языка, в результате чего зрение не только приобретает осмысленный характер, но и становится более сенсибилизированным.

Это положение относится и ко всем другим ощущениям человека. Благодаря слову обобщаются многие ощущения и восприятия в общих представлениях. Наличие обобщенных образов способствует последующему различению новых раздражителей. Влияние представлений на повышение чувствительности разных органов чувств (вплоть до обонятельного или болевого) обнаружено многими советскими исследователями. Материальной основой подобного влияния речи и мышления, а также общих представлений на уровень чувствительности является влияние второй сигнальной системы на деятельность первой. И. П. Павлов открыл, что именно вторая сигнальная система обусловливает работу первой сигнальной системы, регулирует и направляет ее функции.

Отсюда следует, что культура мышления и речи важна не только сама по себе, но и как важнейший фактор сенсибилизации органов чувств человека. Овладение теоретическими знаниями способствует «обострению», повышению различительной чувствительности человека. Этим объясняется тот первостепенной важности факт, что у детей 7—15 лет разностная чувствительность возрастает во много раз по сравнению с ростом абсолютной чувствительности. При сопоставлении с детьми 3—7 лет, т. е. дошкольниками, школьники обнаружи-

---

[1] К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. XIV, М., 1935, стр. 493.

вают все возрастающую разностную чувствительность, особенно в области зрения и слуха.

Указанный факт объясняется тем, что с образованием временных связей двух сигнальных систем резко усиливается дифференцировка сходных объектов окружающей действительности в процессе обучения. Анализаторы ребенка и подростка все время развиваются, совершенствуются, изменяют свой способ деятельности в процессе воспитания и обучения, механизмом которых является система временных связей. Факт роста с возрастом разностной чувствительности представляет особый интерес в связи с той ролью, которую выполняет вторая сигнальная система в развитии первой.

Известно, что дети 7—15 лет сравнительно меньше, чем дошкольники, накапливают свои знания за счет непосредственного ознакомления с явлениями внешнего мира. Они систематически усваивают связанные между собой знания как основы наук, т. е. как обобщенные и опосредствованные знания. Во время обучения как передача знаний, так и их усвоение осуществляется на основе языка в процессе развития устной и письменной речи учащихся под руководством учителей. Некоторые средства обучения и практическая деятельность учащихся по ознакомлению с явлениями природы (на лабораторных занятиях, экскурсиях и т. д.) неразрывно связаны с языком как общим средством и условием обучения. Именно язык и обусловленная им вторая сигнальная система стимулируют развитие разностной чувствительности у школьников. Педагогический опыт подтверждает положение павловской школы о том, что «замена» словом реальных условных раздражителей ускоряет дифференцирование временных связей, повышает уровень ориентировки в окружающей среде.

* *
*

Ранее было указано, что каждое ощущение любой модальности, качества и интенсивности, а также длительности характеризуется определенным *пространственным* компонентом. О нем сейчас и будет идти речь, так как именно с ним связана самая возможность *пространственного различения.*

Известно, что марксистско-ленинская философия рассматривает пространство и время как основные формы существования движущейся материи. Отсюда следует, что воздействие любой мельчайшей отдельности движущейся материи всегда происходит в конкретных условиях пространства и времени. Фактор времени хорошо изучен в физиологии и психологии. В науке достигнут глубокий анализ временных условий адаптации органов чувств, изучена скорость различных чувственных реакций в микроинтервалах времени и т. д.

Менее изучена роль фактора пространства в динамике ощущений и различения. Между тем факты психологии и физиологии явно свидетельствуют о важности указанного фактора. Среди них можно назвать поле зрения как условие всякого видения, угол зрения как другое важнейшее условие динамики зрительного образа, различение таких пространственных признаков и отношений между вещами, как

форма, величина, три основных измерения, особенно глубина предмета или взаимодействующих предметов видимого поля, перспектива и т. д. К фактам подобного рода относятся локализация звука в пространстве, направление движущегося источника звука, локализация источника запаха, прикосновения к коже и т. д. Можно сказать, что любой воздействующий на анализатор раздражитель обладает своей пространственной определенностью, занимает место в пространстве, воздействует на рецептор с одного из направлений пространства (сверху, снизу, слева, справа, спереди, сзади), обладая той или иной площадью массы (в зависимости от которой находится площадь раздражения в рецепторе), величиной, формой (т. е. единством строения и взаимодействием частей в данной структуре тела). К этому следует добавить исключительное значение пространственных отношений между воспринимаемыми телами, а именно положения одного тела относительно другого (снизу, сверху, слева, справа и т. д.), соразмерности или несоразмерности взаимодействующих площадей, подобие или контраст взаимодействующих форм и т. д.

При этом нужно учесть, что и сам ощущающий человек есть материальное тело, занимающее определенное место в пространстве и обладающее известными пространственными признаками (величиной, формой, тремя измерениями, направлениями движений в пространстве и т. д.). Взаимодействие человека со средой включает в себя и самое тело человека с характерной для него системой пространственных признаков. Это особенно ясно видно при пространственной ориентировке, когда точка отсчета человеком находится в зависимости от той или иной стороны его тела, в большинстве случаев — от правой половины тела.

Итак, можно сказать, что пространственный компонент есть общая и обязательная черта всех ощущений любой модальности, качества, интенсивности, длительности.

В советской психологической науке проблема *отражения пространства* входит в состав учения о восприятии, которое по сложившейся традиции слагается из четырех самостоятельных разделов: 1) восприятия предмета, 2) восприятия движения, 3) восприятия времени и 4) восприятия пространства. Однако ясно, что восприятие предмета, воздействующего на анализатор, невозможно без отражения его движения и пространственно-временных условий бытия. Тем более следует это сказать в отношении восприятия движения, которое всегда есть отражение движущихся вещей и явлений. Восприятие пространства и времени также немыслимо без отражения материального содержания данных пространственно-временных отношений и т. д.

По поводу традиционного отрыва восприятий предмета от восприятия его движения А. А. Ухтомский справедливо замечал, что психология вынуждена создавать фикцию такой обособленности, так как она еще неспособна научно объяснить коренной факт отражения предмета в его движении. В качестве доказательства А. А. Ухтомский приводил игнорирование психологами оптико-вестибулярных

связей и зрительно-моторной координации, лежащей в основе каждого отдельного акта видения.

Известно, что в теории восприятия пространства в зарубежной психологии XIX в. сложились два направления, противоположность которых усиленно подчеркивается буржуазными историографами психологии (Борингом, Флюгелем и др.). Этими направлениями являлись и являются в современной буржуазной психологии так называемые нативизм и генетизм. Позиции нативизма, заключающиеся в утверждении *прирожденности* восприятия пространства, сформулированы физиологом Герингом и психологами Штумпфом и Джемсом. Данное утверждение относилось непосредственно к *аппарату* восприятия, т. е. к организации чувствующего прибора рецептора, в котором имеет место пространственное разделение и распределение внешних раздражений. При этом нативисты ссылались на действительно важный факт локализации чувственного впечатления, т. е. на то, что каждое чувственное качество воспринимается где-то в определенном месте сетчатки или кожи, в какой-то определенной пространственности.

Однако в действительности речь шла не только о прирожденной организации *аппарата* для восприятия пространства, но и о прирожденности самих «идей о пространстве». Априоризм явственно проступал в данной, последовательно и откровенно идеалистической, концепции.

Указанной концепции физиолог Гельмгольц и психологи Бэн, Лотце, Вундт, Липпс и другие противопоставили свою концепцию восприятия пространства, так называемый генетизм, согласно которой восприятие пространства, особенно восприятие глубины, есть результат индивидуального опыта, а не прирожденной организации. В этом индивидуальном опыте зрительные восприятия связываются с осязательными и мышечно-суставными ощущениями, на основе чего становится возможным восприятие пространства. Из приведенного утверждения следовало, что в самой материальной организации отдельного рецептора нет специальных приспособлений к пространственным условиям и лишь взаимодействие отдельных сложившихся аппаратов может создать возможность такого восприятия. Что касается отдельного ощущения, то генетисты начисто исключали пространственный компонент из его природы.

Однако противоположность между нативистами и генетистами лишь *кажущаяся*. Оба направления обсуждали не столько вопрос о механизмах восприятия пространства, сколько вопрос о природе самого пространства. Нативисты и генетисты полагали, что пространство есть субъективная категория, которая привносится сознанием во внешний мир, организуя его, упорядочивая хаос внешних явлений. Поэтому вопрос о механизмах восприятия пространства выступал не как физиологический, а как философский. Как для нативистов, так и для генетистов это был вопрос о путях конструирования субъектом пространства, создания его душевным миром человека.

Спор о механизме восприятия пространства прежде всего развертывался в философской, а не естественнонаучной плоскости, пред-

ставляя собой попытку найти наилучший метод доказательства положения субъективного идеализма о субъективности пространства, о его «производстве» самостоятельной сущностью «души».

Философская противоположность между нативизмом и генетизмом лишь кажущаяся. Она сводится к двум разновидностям субъективного идеализма, по-разному маскировавшимся естествознанием.

Нативисты и генетисты были едины и в *понимании механизма* восприятия пространства. Как те, так и другие исходили из положения о том, что рецептор и есть непосредственный и единственный аппарат ощущений и восприятий.

Роль коры головного мозга и его рефлекторной деятельности в восприятии пространства игнорировалась как нативизмом, так и генетизмом.

В чем же различие между этими направлениями? Только в расхождениях по самому частному вопросу — о прирожденности или приобретенности *рецепторных механизмов* восприятия пространства.

Современная советская психологическая наука исходит из марксистско-ленинского положения о пространстве и времени как основных формах существования материи. Пространство отражается, а не конструируется мозговой деятельностью. В процессе отражения предметов внешнего мира отражаются и пространственные условия существования предмета, воздействующего на мозг. Известное влияние на этот процесс оказывают пространственные признаки и отношения самого человеческого тела, взаимодействующего с внешней средой.

Материалистическое понимание природы пространства и его отражения выдвигает перед естествознанием и психологией новые проблемы, в том числе и проблему пространственного различения и его своеобразных механизмов. Как для объяснения механизмов ощущений и различения вообще, так и, тем более, для понимания механизмов пространственного различения несостоятельной оказалась рецепторная «теория» ощущений и восприятий. Особенности пространственного различения (ощущения едва заметных разностей между протяженностью, площадями, величинами, формами, направлениями и пр.) могут быть поняты лишь на основе рефлекторной теории Сеченова—Павлова.

На основе рефлекторной теории впервые становится возможным объяснение *развития* пространственного различения и его единства с теоретическими (геометрическими) знаниями о пространстве. Такое объяснение заключено в общих законах взаимодействий первой и второй сигнальных систем действительности.

Традиционная физиология органов чувств (и неразрывно связанная с ней психология) уделяла исключительное внимание механизмам пространственного различения. Как нативисты, так и генетисты использовали экспериментальные факты пространственного различения для обоснования своих субъективно-идеалистических концепций. Вполне понятно, что тем самым экспериментальные факты извращались в угоду идеалистической реакционной псевдотеории, а имен-

но — «знаковой» концепции сознания. «Знаковая» концепция неотделима от *рецепторной* теории, которую нативисты и генетисты противопоставляли *рефлекторной*, материалистической концепции И. М. Сеченова, а затем И. П. Павлова.

В том, что к механизмам пространственного различения физиологи-идеалисты подходили с точки зрения рецепторной теории, можно убедиться на примере анализа ими пространственного видения, которое объяснялось лишь как соотношение монокулярных систем (сетчаток обоих глаз) в бинокулярном зрении. А факты заслуживают действительно того, чтобы им уделить особое внимание. Прежде всего, бинокулярное зрение в количественном отношении совершеннее зрения монокулярного. Бинокулярное зрение шире и полнее поля зрения каждого из глаз, а потому превосходит монокулярное поле зрения во всех координатах (кнаружи, кнутри, кверху, книзу). Вместе с тем бинокулярное поле зрения не есть простая сумма, слагаемая из величин каждого отдельного монокулярного поля зрения. В некоторых направлениях (например, кнутри и кверху) оно выше и точнее этих суммированных величин. Установлено далее, что абсолютная и различительная чувствительность зрения (как светоощущение, так и цветоощущение) выше в $1^1/_2$—2 раза монокулярного зрения. Превосходство бинокулярного зрения над монокулярным особенно обнаруживается при исследовании зрительных ощущений под малым углом зрения (на больших расстояниях от воспринимаемых объектов). Данных фактов уже достаточно для того, чтобы убедиться в *биологической необходимости* развития бинокулярного зрения вообще, особенно при возрастании сложности задач, стоящих перед воспринимающим внешний мир человеком.

Однако следует отметить, что не эти факты имели решающее значение для отождествления проблемы бинокулярного зрения и зрительно-пространственного различения, характерного для традиционной физиологии органов чувств. Эти факты свидетельствуют лишь о том, что бинокулярное зрение совершеннее монокулярного в *количественном* отношении, но не в качественном. Дело в том, что и одним глазом человек различает все градации светлоты воспринимаемых объектов, проявляет все свойственные ему способности к различению светотеневых отношений. Это отмечается также и в области цветового зрения. Монокулярно человек вполне способен различать цветовые тона и степени насыщенности всех воздействующих на глаз лучей, начиная от красного и кончая фиолетовым цветом. Наконец под малым углом зрения нормально осуществляется *монокулярно* как ахроматическое, так и хроматическое зрение. Отсюда ясно, что бинокулярное зрение не является обязательным условием для нормального проявления таких общих функций, как ахроматическое или хроматическое зрение. Иначе обстоит дело со зрительным ощущением глубины пространства, объемного характера воспринимаемого тела (его рельефа), отношения переднего и заднего планов в воспринимаемом поле (перспективы). Многочисленные экспериментальные данные физиологической оптики свидетельствовали о том что зрительное ощущение глубины пространства и объемности вос

принимаемого тела возможно лишь *бинокулярно.* При монокулярном зрении, как утверждалось многими исследователями, видение дальнего предмета является не объемным (трехмерным), а плоскостным (двухмерным), а точное различение перспективных отношений монокулярно вообще невозможно. На основании этого был сделан вывод о том, что бинокулярное зрение есть основное условие пространственного различения, что проблема зрительно-пространственного различения вполне тождественна с проблемами бинокулярного зрения. При этом обходилось молчанием исключение из установленного правила, а именно многочисленные случаи монокулярного ощущения глубины и монокулярного определения перспективных отношений, о чем будет сказано ниже.

Итак, *главным* фактом в теории пространственного видения считается бинокулярный характер ощущения глубины пространства. Физиологическая оптика, являющаяся ведущей областью традиционной физиологии органов чувств, объясняет данный факт, во-первых, тем, что в самой *оптической системе* глаза строится изображение, обеспечивающее возникновение бинокулярного параллакса, видимое пересечение в перспективе параллельных линий, при котором различаются передний и задний планы воспринимаемого поля, черты рельефа поверхности воспринимаемого предмета и т. д.; во-вторых, тем, что построение трехмерного изображения в оптической системе глаза имеет своей основой пространственное соотношение на самой сетчатке. При этом утверждается, что объемное различение имеет место в тех случаях, когда параллельные пучки света раздражают так называемые диспаратные точки сетчатки обоих глаз, т. е. точки, неполностью совпадающие по своему месту в каждой из сетчаток. Известная *разность* указанных раздражений (по местоположению в сетчатке) есть условие объемного видения. Чрезмерная разность этих раздражений обусловливает «двоение» образа. Раздражение одинаковых по местоположению точек сетчатки (корреспондирующих) производит единый, цельный, но *плоскостный* (а не объемный) образ предмета. Сопоставление явлений «двоения» образа при большом расхождении мест раздражения в обеих сетчатках с явлением единого плоскостного образа при раздражении корреспондирующих точек обеих сетчаток привело к убеждению, что умеренная диспаратность и составляет механизм пространственного видения. Этим ограничивается объяснение механизмов зрительно-пространственного различения физиологической оптикой.

Подобное объяснение разделяется многими психологами.

Вполне аналогично обстоит дело в области теории слуха. За последние десятилетия в физиологической акустике был обнаружен ряд новых фактов слухопространственного различения. К ним относятся факты бинаурального превосходства слуховых ощущений в различении высоты звуков, их силы, длительности и тембра, что аналогично явлению превосходства бинокулярного зрения над монокулярным. Но особенно важным явилось то обстоятельство, что определение местоположения источника звука (его пространственная локализация), а тем более определение направления движущегося

источника звука преимущественно осуществляется *бинаурально.* Явление слухового различения глубины пространства дало основание ряду исследователей отождествить пространственный слух с бинауральным слушанием. Как и в отношении теории зрения, в теории слуха объяснение самого феномена пространственной ориентации по местоположению и направлению движения источников звучания ограничилось анализом взаимодействия периферических аппаратов. Характерно, что в качестве механизма слухопространственного различения была признана разность раздражения обоих ушей в смысле времени действия звуковых волн на каждый из рецепторов, особенно *разность фаз* раздражений внутреннего уха и т. д.

Аналогично теории зрения и слуха обстоит дело в установлении и объяснении фактов пространственного различения и в других разделах физиологии органов чувств и психологии. В теории обоняния был установлен факт возможности определения пространственного положения источника запаха, причем механизмом этого обонятельно-пространственного различения стали считать одновременное, но не совпадающее по интенсивности раздражение обонятельных *рецепторов обеих половин* внутренней (особенно последних двух третей) полости носа. Изоляция одной из половин снижает или полностью исключает точность пространственной локализации запаха.

Исследование пространственных порогов осязания при механическом раздражении кожи различных частей поверхности тела также привело к убеждению, что множественное раздражение самих кожных рецепторов есть механизм пространственно-кожного различения и т. д.

Характерно, что при исследовании мышечно-суставных ощущений, например при рабочих движениях рук, особенно категорически выдвигалось положение о том, что лишь в самих рецепторах заложен механизм пространственно-двигательной ориентации, т. е. фактической ориентировки в пространстве при движении частей тела, особенно рук.

Нельзя не упомянуть, что такие важные для пространственной ориентировки ощущения, как ощущения равновесия тела и ускорения (статические ощущения), объяснялись и объясняются преимущественно строением и функциями вестибулярного аппарата во внутреннем ухе. Что же касается центральных механизмов этих чувственных компонентов пространственной ориентации, то их не искали дальше мозжечка и его роли в регулировании движений и общего положения тела в пространстве.

Какой же вывод можно сделать из этого краткого сравнительного обзора тех разделов физиологии органов чувств и психологии, в которых накоплены известные факты пространственного различения? Ясно, что приведенные факты действительно характеризуют *особенности* пространственного различения, его большую сложность по сравнению с остальными формами различения, тесную связь пространственного различения с *работой парных рецепторов.* Нетрудно заметить, однако, что этот вывод есть лишь простая констатация фактов и их связи с работой парных рецепторов.

Из нашего сравнительного обзора следует более важный вывод о том, что *объяснение* фактам пространственного различения (независимо от его модальности) давалось лишь в свете рецепторной теории, лишь в пределах строения и функций соответствующих парных рецепторов. Но рецепторная теория неотделима от субъективного физиологического идеализма с его трактовкой ощущений как условных знаков, символов или иероглифов. Поэтому можно утверждать, что все указанные рецепторные концепции пространственного различения прямо или косвенно служат реакционным целям физиологического идеализма, не объясняя, а извращая важные факты качественного своеобразия пространственного различения.

Преодоление рецепторных концепций пространственного различения составляет необходимое условие для построения материалистической научной теории пространственного различения. Все эти рецепторные теории бинокулярного зрения, бинаурального слуха и т. д. сводятся к утверждению мысли об осуществлении пространственного различения *независимо от рефлекторной деятельности мозга*. Между тем установлено, что именно в рефлекторной деятельности головного мозга осуществляется процесс отражения внешнего мира.

Все накопленные ранее факты пространственного различения, равно как и вновь открываемые, должны быть объяснены на основе рефлекторной теории Сеченова—Павлова — естественнонаучной основы марксистско-ленинской теории отражения.

В свете павловского учения об анализаторах факты физиологии рецепторов получают свое подлинно научное объяснение. В их числе находятся и вышеописанные факты парной работы рецептора, а также факт *умеренной диспаратности* раздражений клеток этих симметрично расположенных одноименных рецепторов. Очевидно, что в процессе взаимодействия организма со средой рецепторы первыми непосредственно испытывают раздражения при воздействии внешних раздражителей. Именно в них, рецепторах, эти раздражения превращаются в нервный процесс и прежде всего — в раздражительный процесс (возбуждение). Факты физиологии рецепторов относительно пространственного различения свидетельствуют лишь о том, что на элементы рецепторов воздействуют не только физико-химические свойства предметов, но и их *пространственные* признаки и отношения. Физико-химические свойства предметов характеризуются не только качеством и интенсивностью, но и *направлением* их движения при воздействии на рецепторы. При анализе раздражителей органов чувств нельзя упускать из виду векторную определенность данных раздражителей. С биологической эволюцией центральной нервной системы и органов чувств, как подчеркивал И. П. Павлов, происходит смена постоянных (безусловнорефлекторных) связей связями временными (условнорефлекторными).

Отдельные свойства отдельных вещей (в том числе цвета́, запахи, звуки и т. д.) становятся *сигналами* для пищевого обмена, действующими на кору головного мозга на *расстоянии*. Развитие сигнализации связано с развитием сложных дистантных отношений между организмом и средой. Однако при этом, естественно, возрастает роль

векторного фактора воздействия раздражителей на кору головного мозга и его рецепторы.

Еще со времени И. М. Сеченова известно, что особое значение имеет *площадь* раздражения той или иной массой одиночных раздражителей соответствующей области рецептора. С увеличением площади раздражения возрастает сила раздражения, а следовательно, и число импульсов от раздражительного процесса, направляющегося из рецептора по чувствующим нервам в головной мозг. Наконец, не менее важно и то, как пространственно размещаются эти раздражения в одноименных рецепторах (в корреспондирующих или диспаратных точках и т. д.). Сама *материальная* конструкция рецептора, соотношение его элементов и частей носит *пространственный* характер. Движение возникающего в рецепторах нервного процесса также пространственно.

В рецепторе имеет место *элементарный анализ пространства*, а именно — пространственных признаков раздражителей внешнего мира. Элементарный анализ пространства выполняет известную роль в проекции образа объекта вновь в пространство внешнего мира, но эта роль отнюдь не самостоятельная и не определяющая в пространственном различении, так как последнее представляет собой продукт высшего анализа и синтеза, осуществляемых корой больших полушарий головного мозга. Проекция образа есть результат высшего анализа и синтеза. Само функциональное состояние рецепторов (их возбудимость и адаптация) определяется взаимодействием нервных процессов в коре головного мозга. Данное положение еще более относится к пространственно-различительной работе парных рецепторов. Нетрудно убедиться в том, что связи рецепторов и мозговых концов соответствующих анализаторов обеспечивают многообразное и дифференцированное единство рецепторов и коры головного мозга.

Из анатомии известно, что, например, от каждого глаза к коре головного мозга идет огромная масса волокон зрительного нерва, разделенная на три основных пучка. Так, от наружной (височной) половины сетчатки пучок волокон направляется в одноименное полушарие головного мозга, от внутренней (носовой) половины сетчатки каждого глаза пучок волокон направляется в противоположное данному глазу полушарие, а от центральной (макулярной) области сетчатки пучок волокон расщепляется, входя в оба полушария.

Исключительное место в структуре светового анализатора в целом занимает так называемая хиазма, где и происходит этот частичный перекрест зрительных путей. Частичный перекрест имеет место и по ходу слуховых и обонятельных нервов от соответствующих одноименных рецепторов к мозговым концам данных анализаторов. Для понимания *целостности* анализатора и его места в общей рефлекторной дуге важно учесть связь *каждого* из одноименных рецепторов с *обоими полушариями.*

Не составляют исключения и мышечно-суставные рецепторы у человека (например рецепторы мышц и сухожилий рук). Правда, нельзя не отметить, что до настоящего времени большинство иссле-

дователей придерживается мнения о связи каждой руки преимущественно с одним противоположным полушарием (в силу полного перекреста путей). Это мнение основывается на положении о якобы существующем коренном отличии так называемой двигательной области коры головного мозга от всех остальных областей коры, выполняющих функцию чувствующих, или воспринимающих, «центров». И. П. Павлову принадлежит исчерпывающее доказательство того, что так называемая двигательная область коры не составляет исключения из общей *анализаторной* природы больших полушарий, так как и эта область оказалась в действительности областью двигательного анализатора. В ней находится ядро мозгового конца двигательного анализатора, связанного со всей системой мышечно-суставных рецепторов и чувствующих нервов. По И. П. Павлову, ведущую роль в анализаторе играет его мозговой конец, состоящий из системы ядерных и рассеянных клеток данного анализатора. Мышечно-суставные рецепторы рук связаны с обоими полушариями головного мозга, а не только с одним из них (противоположным). Основания для такого предположения дают факты комиссуральных связей между обеими сторонами двигательного анализатора.

На основании ряда исследований мы предположили, что парности одноименных рецепторов соответствует и *парная работа больших полушарий*. Мозговой конец анализатора (светового, зрительного, обонятельного и т. д.) состоит из ядерных и рассеянных элементов клеток, симметрично расположенных относительно друг друга в обоих полушариях. Исключение составляет лишь речедвигательная корковая зона (так называемая область Брока), резко выраженная в левом полушарии. Однако можно думать, что по крайней мере рассеянные элементы мозгового конца речедвигательного анализатора находятся и в правом полушарии. Во всех остальных случаях отмечается относительная *симметричность* в расположении «центров» по коре обоих полушарий головного мозга. Природу мозговых концов анализатора и их ведущую роль в целостной деятельности анализаторов можно понять только в свете павловского учения о высшей нервной деятельности. На этой основе возможно объяснить ранее казавшиеся парадоксальными факты функциональной *асимметрии* в деятельности симметрично расположенных (в обоих полушариях) частей одного и того же мозгового конца анализатора. Мы имеем в виду необъяснимое ранее явление *ведущей* стороны функционального неравенства в области зрения (ведущий глаз), слуха (ведущее ухо), кинестезии (ведущая рука), обоняния и т. д., о чем речь будет ниже.

Основываясь на павловском учении о единстве механизмов анализатора и временных связей в целостной рефлекторной деятельности мозга, можно объяснить поразительные факты *перестройки* взаимоотношений между одноименными рецепторами: обоими глазами, обоими ушами и т. д., при изменении пространственных условий существования организма. Мы связываем объяснение этих фактов с павловской трактовкой взаимодействия обоих полушарий головного мозга.

В 1923 г. И. П. Павлов опубликовал статью под характерным названием—«Один из очередных вопросов физиологии больших полу-

шарий». Разъясняя, какой вопрос физиологии больших полушарий он считает очередным, И. П. Павлов писал: «Один из очередных вопросов теперь нарождающейся строго объективной физиологии больших полушарий есть вопрос относительно парности больших полушарий. Что значит эта парность? Как понимать, как представлять себе одновременную деятельность больших полушарий? Что рассчитано в нем на замещаемость и что, какие выгоды и излишки дает *постоянная соединенная* деятельность обоих полушарий? (Курсив наш, — *Б. А.*)».[1] Ясно, что И. П. Павлов сформулировал вопросы огромной важности как для физиологии, так и для всего естествознания, психологии, медицины и педагогики. И. П. Павлов указал на то, что науке известно о разделении *деятельности* между обоими полушариями, но вместе с тем известно и то, что отсутствие после экстирпации одного из полушарий у животных почти или даже вполне возмещается работой остающегося.[2] Эти противоречивые данные о взаимоотношениях обоих полушарий головного мозга не позволяли естествознанию до И. П. Павлова дать научное объяснение единства структуры и функций обоих полушарий, биологической роли *разделения и взаимодействия* больших полушарий головного мозга.

Применение классического метода условных рефлексов в лабораториях И. П. Павлова позволило объективно, детерминистически и с исключительной точностью разрешить этот труднейший вопрос, историю которого И. П. Павлов вел в своих лабораториях от примечательных опытов Н. И. Красногорского, обобщенных в его докторской диссертации (1911 г.).

Н. И. Красногорский впервые наблюдал, а затем и экспериментально проверил тот факт, что как условные положительные рефлексы, так и торможение (отрицательные условные рефлексы), «выработанные на коже одной половины животного, точнейшим образом воспроизводятся, повторяются, без малейшей предварительной выработки, на симметричных местах другой половины тела животного».[3]

Чем объясняется воспроизведение на симметричных местах другой половины тела условных рефлексов, выработанных на данной половине тела? Тем, что возбуждение иррадиировало с одного полушария на другое, что вообще движение нервных процессов захватывает оба полушария, хотя первоначально процесс может возникнуть в одном полушарии, т. е. в одной симметричной половине мозгового конца анализатора (в опытах Н. И. Красногорского — кожного и двигательного анализаторов собаки).

«Выгода» совместной работы больших полушарий, как выражался И. П. Павлов, заключается прежде всего в том, что *связь* их деятельности обеспечивает возможность *переноса* условных рефлексов, причем без всякой дополнительной тренировки, с одной стороны тела на другую. Мы далее покажем, что выделенный И. П. Павловым факт имеет особое значение для психологии, ибо подобный перенос

---

[1] И. П. Павлов. Соч., 2-е изд., т. III, кн. 2, изд. АН СССР, 1951, стр. 18.
[2] См. там же.
[3] Там же, стр. 19.

временных связей и составляет основной механизм переноса навыков не только моторных, но и так называемых сенсорных (особенно навыков различения). Благодаря механизму переноса навыков выработанное действие как бы «удваивается», обобщается в виде целостного действия всего организма, а не изолированного акта одной половины тела. Однако И. П. Павлов не ограничился тем, что данный факт Н. И. Красногорского определил в качестве важного и типичного явления парной работы больших полушарий. Он привел далее опыты доктора Г. В. Анрепа, установившего факт так называемой стационарной иррадиации условного раздражения и писал по этому поводу: «Факт состоял в следующем. Если мы сделаем условного раздражителя из кожно-механического раздражения определенного пункта кожи на одном конце тела, то при первых пробах механического раздражения других мест кожи также получается условный эффект, тем более слабый, чем дальше лежит пробно-раздражаемый пункт от пункта, на котором вырабатывался условный рефлекс. И вот совершенно те же отношения точно воспроизводятся и на другой стороне».[1] В этом факте доктора Г. В. Анрепа И. П. Павлов видел не только подтверждение, но и уточнение факта переноса условных рефлексов с одной стороны на другую (симметричную, первоначально условно раздражавшуюся).

Дальнейшая разработка поставленных И. П. Павловым вопросов была преимущественно осуществлена К. М. Быковым в лаборатории И. П. Павлова. Еще в 1923 г. об опытах К. М. Быкова И. П. Павлов писал: «В настоящее время к этим фактам (Красногорского и Анрепа, — *Б. Л.*) сделал чрезвычайно интересное и даже, позволительно сказать, удивительное прибавление д-р К. М. Быков. Ему не удается до сих пор, несмотря на большую настойчивость, дифференцировать симметричные пункты кожи друг от друга. В то время, как это давно и многократно было установлено в наших лабораториях, дифференцировка различных пунктов кожи на одной стороне тела животного при механических и термических раздражениях их, в виде положительных и отрицательных условных рефлексов, происходила чрезвычайно легко, д-р Быков не мог достигнуть ни малейшей дифференцировки на симметричных местах кожи».[2] И. П. Павлов отметил, что условное раздражение на симметричном участке кожи было повторено 100 раз (без сопровождения безусловным раздражителем). Последующие опыты внесли некоторые изменения в данное положение, но открытие К. М. Быкова имело для И. П. Павлова особое значение, так как прямо доказывало, что легко отдифференцировываются друг от друга раздражения различных пунктов кожи на одной половине тела, но необычайно трудно отдифференцировываются симметричные участки кожи на другой половине тела. Происходит это явление, видимо, потому, что симметричные участки обеих половин тела имеют один и тот же механизм корковой регуля-

---

[1] И. П. Павлов. Соч., т. III, кн. 2, стр. 19.
[2] Там же.

ции, в то время как различные участки одной и той же половины тела регулируются различными корковыми механизмами.

И. П. Павлов комментировал опыты К. М. Быкова следующими словами: «Как понимать этот поистине загадочный результат? Ведь мы отлично и на себе и на животных постоянно убеждаемся в факте, как точно и легко дифференцируются симметричные пункты противоположных половин тела. Мы думаем над этим пунктом, сделали несколько предположений и проектируем некоторые дальнейшие опыты, к которым только что приступаем. Очевидно, чрезвычайно ценные и обильные результаты дадут опыты с условными рефлексами на животных при уничтожении комиссуральных связей между полушариями, опыты, которые у нас на очереди».[1]

В одном из своих исследований К. М. Быков (совместно с А. Д. Сперанским) дал решение вопроса о роли комиссуральных связей (путей сообщения) между обоими полушариями головного мозга. Указанные исследователи перерезали так называемое мозолистое тело, являющееся массивным пучком комиссур между обоими полушариями. Оказалось, что после уничтожения комиссуральных связей перенос условных рефлексов с одной стороны тела на противоположную стал невозможен. Каждое из полушарий отвечало при этом *раздельной* работой по установлению временных связей. Собаке с перерезанным мозолистым телом нужно было *двойное* и *раздельное* приспособление обеих половин тела к сигналам внешнего мира.

Индивидуальный опыт, приобретаемый посредством работы одного полушария, как бы не существовал для другого полушария. Единый анализатор после уничтожения этих комиссуральных связей как бы распался на два самостоятельных. Процессы возбуждения и торможения, возникающие в одном полушарии, не могли при таких условиях переходить на другое полушарие, так как были нарушены нормальные условия движения (иррадиации и концентрации) нервных процессов. В то же время у такого оперированного животного распространение возбуждения по различным пунктам одного и того же полушария происходило как в обычных условиях. Вопрос о парной работе больших полушарий оказался существенной предпосылкой для другого, более общего вопроса об условиях иррадиации и концентрации нервных процессов. Важно отметить, что решение этого более общего вопроса неразрывно связано с более глубоким изучением взаимной индукции нервных процессов в коре больших полушарий головного мозга.

Поучительные опыты К. М. Быкова и А. Д. Сперанского[2] с перерезкой комиссуральных путей представляют собой дальнейший шаг в разрешении поставленного И. П. Павловым «очередного вопроса физиологии больших полушарий головного мозга». Изучение К. М.

---

[1] И. П. Павлов. Соч., т. III, кн. 2, стр. 20.

[2] К. М. Быков и А. Д. Сперанский. Собака с перерезанным corpus callosum. Труды физиол. лабор. И. П. Павлова, т. I, вып. 1, 1924.

Быковым[1] условных рефлексов у собаки с перерезанным мозолистым телом выявило роль парной работы больших полушарий именно в дифференцировке пространственных сигналов. И. П. Павлов считал очень ценным для характеристики работы звукового анализатора вопрос о необходимости содействия обоих полушарий для дифференцировки места звука. Ответ на него и дали опыты К. М. Быкова на собаке с перерезанным мозолистым телом. Общий итог этих опытов изложен самим И. П. Павловым, который в «Лекциях о работе больших полушарий головного мозга» писал следующее: «Когда животное оправлялось от операции, приступали к выработке пищевых условных рефлексов. Образование их не представляло никаких особенностей и происходило так же скоро, как и у нормальных собак. Между прочим, у собаки имелся рефлекс на звук свистка в 1500 колебаний в 1 сек. Свисток, помещенный в картонный футляр, укреплялся на стене на уровне и в стороне левого уха в определенном расстоянии от станка с собакой. Рефлекс появился на 8 разе применения и при 70 применениях сделался максимальным и постоянным. Затем тот же свисток помещался совершенно так же с правой стороны собаки. В этом положении звук свистка не сопровождался безусловным рефлексом. Применяя звук то слева, то справа, старались получить дифференцировку. Но ни малейшего намека на нее не получилось, несмотря на 115 повторений звука справа. Нужно было заключить, что *для дифференцирования места звука необходима соединенная работа полушарий* (курсив наш, — *Б. А.*)».[2] Нам особенно важно отметить, что И. П. Павлов прямо указал на значение приведенных данных для понимания механизмов *пространственной локализации* звука, т. е. слухо-пространственного различения.

В этих же исследованиях К. М. Быков[3] выявил влияние разобщенности между полушариями на выработку дифференцировки расстояний сигналов. У собаки с перерезанным мозолистым телом оказалась невозможной выработка дифференцировки как на направление звука, так и на расстояние от предмета, воздействующего на световой анализатор.

Можно предположить, что парная работа больших полушарий не только составляет «выгоду» и «излишки» мозговой деятельности, но и является жизненно необходимым условием для нормальной ориентировки высших животных и человека в пространстве.

Мы высказали данное предположение в одной из работ,[4] хотя еще и не имели всесторонних физиологических доказательств в пользу этой гипотезы. Дело в том, что в области физиологии высшей нерв-

---

[1] См. К. М. Быков. К вопросу о парной работе больших полушарий. Архив биол. наук, Юбил. том в честь И. П. Павлова, 1924.

[2] И. П. Павлов. Лекции о работе больших полушарий головного мозга. Соч., т. IV, стр. 160—161.

[3] См. К. М. Быков. Условные рефлексы на собаках с перерезанным corpus callosum. Труды Всесоюзн. съезда физиологов, М., 1927.

[4] См. Б. Г. Ананьев. Проблема парной работы больших полушарий в учении И. П. Павлова и психология. Сб. «Учение И. П. Павлова и философские вопросы психологии», изд. АН СССР, 1952.

ной деятельности нет систематических и специальных исследований дифференцировки пространственных признаков сигналов или пространственных отношений между сигналами внешней среды. В физиологических лабораториях И. П. Павлова иногда применялись плоскостные фигуры в качестве условных раздражителей в опытах над собаками, но исследователей не интересовал вопрос об особенностях дифференцировки пространственных признаков этих раздражителей. Поэтому нам пришлось провести серии необходимых физиологических исследований процесса образования и дифференцировки условных *рефлексов на пространственные сигналы*. Посредством методики условно-сосудистых рефлексов подобная работа (на людях) была проведена Р. Л. Вороновой, а посредством методики условно-двигательных рефлексов с речевым подкреплением (также на людях) — В. А. Мараевым. Выполненные под нашим руководством исследования дифференцировки пространственных сигналов дают возможность физиологически обосновать ранее высказанную гипотезу, которую мы проверяем ныне различными физиологическими и психолого-педагогическими средствами на целом ряде новых наблюдений.

Правомерность общего подхода к поставленным вопросам об особенностях дифференцировки пространственных сигналов можно обосновать одним из важных открытий И. П. Павлова в области условных рефлексов. Оно заключается в выявлении особого вида *условных рефлексов на отношения* между внешними агентами, действующими на мозг. Конкретно этот особый вид временных связей был обнаружен в многочисленных опытах сотрудников И. П. Павлова по изучению *условных рефлексов на время как специальный раздражитель.*

В опытах над животными удалось установить, что кора головного мозга тонко реагирует на изменения временных интервалов между сигналом и подкреплением, на временную последовательность между условными раздражителями — во внешнем стереотипе опыта и т. д.

По аналогии с указанными опытами и обнаруженными в них явлениями дифференцировки условных рефлексов на время как специальный раздражитель мы и построили серию исследований по изучению дифференцировки рефлексов на пространственные сигналы. Эти исследования должны были выявить хотя бы некоторые основы пространственного ощущения. В правомерности такого подхода нас убеждал длительный опыт психологического изучения *ассоциации по смежности*, одной из форм которой является ассоциация последовательной, т. е. временной, связи между воспринимаемыми человеком явлениями, а другой — ассоциация по соположению (т. е. пространственная) между воспринимаемыми явлениями.

Исходя из гипотезы о специальной роли парной работы больших полушарий головного мозга, мы предприняли серию исследований процесса переноса условных рефлексов, вырабатываемых у человека на одной стороне тела, на другую его сторону не только в целях подтверждения установленного на животных факта такого переноса,

но и для выявления разницы в переносе с так называемой ведущей (правой у большинства людей) на неведущую сторону тела и наоборот.

При помощи методики условно-сосудистых рефлексов М. А. Гузевой экспериментально выявлена не только асимметрия сосудистых условных рефлексов обеих рук, но и различие переноса условных рефлексов, выработанных на одной стороне тела, на другую в зависимости от сложившегося способа взаимодействия обоих полушарий головного мозга. Л. Л. Рыковой обнаружена подобная же картина избирательности переноса условнорефлекторного изменения кожной чувствительности с одной руки на другую. Е. П. Мирошиной-Тонконогой экспериментально показана избирательность переноса условнорефлекторного повышения остроты зрения с ведущего глаза на неведущий и наоборот. Накопленные нами данные, излагаемые в последующих главах, убеждают в том, что общую основу пространственного различения составляет система условных рефлексов на пространственные сигналы, тесно связанная с парной работой больших полушарий головного мозга человека. Функциональные асимметрии в динамике пространственного различения деятельности анализаторов человека мы рассматриваем как существенное проявление парной работы больших полушарий.

ГЛАВА ВТОРАЯ

О ДИФФЕРЕНЦИРОВКЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СИГНАЛОВ

Виды пространственного различения могут классифицироваться по различным признакам: по направлениям, протяженности, соотношениям пространственных признаков формы предмета, пространственной проекции предметов и их изображений и т. д. Мы не исключаем, а допускаем возможность такой классификации в дальнейшем. Однако нам представляется необходимым рассмотреть виды пространственного различения по более общим признакам, а именно — зависимости пространственного различения от конкретного способа отражения мозгом человека основных форм движущейся материи. Это тем более необходимо, что определенные анализаторные системы человеческого мозга являются филогенетически сложившимся приспособлением к различным формам материи.

Пространственное различение возникает на основе различения материальных предметов и явлений, их свойств и признаков (оптических, акустических, механических и т. д.). Пространственное различение определяется различением материальной структуры внешних воздействий, вследствие чего необходимо рассматривать виды пространственного различения прежде всего как *виды деятельности основных анализаторов внешней среды.* В процессе развития человека происходит известное отвлечение пространственных признаков и отношений между вещами от самих вещей, т. е. обобщение чувственных знаний о пространственных признаках и отношениях. Для умственного развития человека, обладающего обширным кругом общих представлений о пространственных отношениях, характерно усложнение процесса обобщения этих признаков. В советской психологической науке существуют весьма убедительные и серьезные научные данные по указанному вопросу, особенно исследования Ф. Н. Шемякина, а также А. Я. Колодной, посвященные топографическим представлениям типа «карты-пути» и «карты-обозрения».

Имеются многие исследования в психологии и методиках обучения (особенно геометрии и географии), раскрывающие процесс формирования у детей элементарных понятий о пространстве. Чрезвычайно показательны для исследования этого процесса данные об ов-

ладении детьми научными абстракциями в форме геометрических понятий и аксиом.

Однако сложнейшие явления абстрагирования непосредственных и опосредствованных знаний о них возможны лишь благодаря накоплению огромных масс временных связей с пространственными сигналами в первой сигнальной системе человека. Учителя средних школ и преподаватели высшей школы постоянно отмечают трудности в работе со многими учащимися, для которых сложно овладение такими абстракциями, а также навыками измерения и построения. Обращает на себя внимание тот факт, что у этих учащихся слабо развиты пространственные представления, составляющие базу для понятий о пространстве.

Мы предполагаем, что одной из причин отставания развития пространственных представлений является недостаточная культура пространственного различения в деятельности основных анализаторов внешней среды, рассматриваемых в их взаимосвязи. Как и во всех прочих, в данных случаях пространственного различения анализаторная деятельность может быть развита основным путем, а именно — образованием и дифференцировкой ряда сложных условных рефлексов с определенного анализатора. Разумеется, необходимо вырабатывать такие временные связи именно с пространственными сигналами, специализировать их на этих особенных сигналах внешней среды, поскольку они приобретают в определенных условиях значение для организма человека.

Так как нас интересуют элементарные формы отражения пространства, то особенно важными являются данные об исследовании генезиса пространственного различения у детей. Постепенное формирование всех анализаторных систем ребенка, начиная с первого года жизни, характеризуется и постепенным развитием ориентировок ребенка в пространстве окружающей среды. Особое значение в развитии этих ориентировок имеет условнорефлекторная взаимосвязь светового, звукового и других анализаторов с двигательным анализатором. Исследования показывают, что переход ребенка к самостоятельной ходьбе и совершенствование предметных действий рук, так же как формирование речи, составляет основу развития пространственных ориентировок ребенка в окружающей среде. В опыте дошкольного воспитания важное место занимает формирование элементарных знаний ребенка о пространственных признаках между воспринимаемыми предметами. Однако эти знания не выделяются из общего круга знаний о предметах окружающей среды. Задача дифференцировки пространственных признаков известных детям предметов ставится перед детьми впервые в процессе первоначального обучения в школе. Эта задача является общей для разных учебных предметов первоначального обучения: чтения, письма, рисования, ручного труда и т. д. Трудности решения этой задачи проявляются в специфических ошибках пространственного различения у учащихся первого класса.

Изучая детей, начинающих обучаться чтению, письму, счету, рисованию, гимнастическим упражнениям, навыкам коллективного по-

ведения в классе и т. д., мы обнаружили типичные ошибки пространственного различения.

Нет сомнения в том, что с началом обучения качественно изменяются жизненные условия для развития маленького ребенка. Несмотря на то, что объектами в учебном материале являются в большинстве случаев известные детям предметы и явления внешнего мира, их освоение оказывается трудным в силу появления данных объектов в новых для ребенка пространственных, временных и количественных отношениях.

На эту *общую* сторону педагогического процесса по разным учебным предметам не обращается должного внимания.

У семилетних детей накоплен к началу обучения известный запас конкретных представлений о *предметах* внешнего мира. Но у них еще нет таких представлений о количественных, временных и пространственных *отношениях между предметами*. Между тем выработка условных рефлексов на отношения является более сложным процессом, нежели выработка условных рефлексов на действие предмета и его признаки.

Дети знакомятся с отдельными пространственными и временными отношениями (например при прохождении мер длины и времени по арифметике), но это знакомство *без постоянного применения* знаний и навыков различения пространства и времени оказывается явно недостаточным. Таким образом, учащиеся постигают количественные отношения в процессе обучения арифметике, но их *практика* в количественном дроблении ограничена и недостаточна.

Мы изучали все возможные случаи ошибок младших школьников в чтении, письме, решении арифметических примеров и задач, в чтении и построении рисунка, в построении и перестроении в гимнастических упражнениях на уроках физподготовки, в слушании музыки и хоровом пении, в выполнении правил поведения. Оказалось, во-первых, что определенные ошибки делают как неуспевающие, так и успевающие дети, разница лишь в концентрации, или сосредоточенности, определенного числа ошибок и, во-вторых, что, кроме *специальных для данного учебного предмета* ошибок (например арифметических или графических), имеются *ошибки общего характера,* в которых проявляются трудности в овладении детьми отношениями в любой области обучения.

Специальные ошибки в учении детей по отдельным предметам связаны с общей неразвитостью у них прочных навыков *количественного, временного и пространственного различения.* Ошибки количественного различения имеются не только в работе детей по арифметике, но и по всем остальным предметам (включая звуковой анализ и синтез, гимнастические упражнения и т. д.). Как показала в своем исследовании Л. А. Кладницкая, различения количественных и временных отношений тесно взаимосвязаны в процессе выработки ритма на уроках пения и физической подготовки. Это положение имеет значение и в образовании ритма в процессе формирования навыков выразительного чтения, а до него — в дроблении слова на слоги.

Недостаточная сформированность пространственного различения проявляется в ряде типичных ошибок, по-разному проявляющихся в различных видах учебной деятельности и поведении детей. Рассмотрим некоторые из них:

а) *В поведении:* пространственные ошибки при выполнении правил расположения учебного инвентаря на партах и приказа учителя, связанного с определением направления движения ребенка (вперед, назад, в сторону).

б) *В чтении:* суженный круг различимого пространства строчек, что затрудняет переход к беглому чтению, пространственное неразличение сходных по форме букв и т. д.

в) *В письме:* неумение соотнести букву к линиям тетради, т. е. ориентироваться в пространстве места тетради, смешение верха и низа сходных букв (например, *т—щ*, *и—п*), зеркальные ошибки вследствие перевертывания буквенного знака в обратную сторону и т. д. Поэтому в написании отдельных букв и целых слов дети допускают ошибки типа смешения *Е—З, С—Э, р—д* и т. д.

г) *В арифметике:* зеркальное написание цифр (*9* вместо *6*, *6* вместо *9*, *5* вместо *2* и т. д.), неумение расположить симметрично запись примеров в тетради, глазомерные ошибки при измерении, несформированность сложных пространственных представлений, необходимых для усвоения понятия метра и особенно сантиметра. Дети в первом классе затрудняются в понимании того, что метром можно измерить не только длину, но и ширину, не только горизонтальную, но и вертикальную плоскость. Особо трудным является переход от метра к сантиметру в силу недостаточной подготовленности детей к *сочетанию измерения с вычислением* и т. д.

д) *В рисовании:* глазомерные ошибки при наблюдении, неумение расположить рисунок на пространстве листа, трудность овладения пропорцией в рисунке.

е) *В гимнастических упражнениях:* неправильное направление движения при перестроении и построении под команду (в правую сторону вместо левой и наоборот), трудность переключения с одного направления движения на другое и т. д.

ж) *В пении:* ошибки при усвоении пространственного расположения звуковысотного ряда (правой стороны — высоких октав, левой стороны — низких октав) и т. д.

Можно думать, что текущая работа над отдельными знаниями и навыками детей нередко заслоняет воспитание их физических и умственных способностей в процессе обучения. Причем недостаточно учитывается необходимость в формировании заново целого ряда этих способностей у детей 7—8 лет.

Какова, например, причина несформированности у детей пространственных представлений, следствием которой являются ошибки пространственного различения в их работе по всем предметам?

Одной из главных причин этих однородных пространственных ошибок является то, что у детей 7—8 лет *еще не установилось полное и устойчивое правшество, т. е. преобладание правой руки над левой.* Нужно указать, что в процессе индивидуального развития и воспи-

тания ребенка постепенно вырабатывается общий тип работы парных органов (ведущая рука, ведущий глаз, ведущее ухо). Соотношение правосторонних и левосторонних органов чувств и двигательных приборов зависит от парной работы больших полушарий. Наши исследования показывают, что у детей 7—8 лет неполностью складывается необходимый для учебной деятельности и труда тип совместной работы обоих полушарий.

Сложный процесс формирования этого типа проявляется в пространственных ошибках по всем учебным предметам.

Другая главная причина состоит в том, что обилие вновь вводимых учителем словесных обозначений пространственных признаков не подкрепляется практикой измерения пространства с детьми. Слабое внимание обращается на необходимость специальной тренировки анализаторов на различении пространственных признаков и отношений между учебными объектами.

Это положение можно иллюстрировать анализом процесса усвоения ребенком букв. В таком комплексном раздражителе, каким является для ребенка буква, существенными компонентами выступают *пространственные признаки* (форма, величина, направление и т. д.). В процессе развития связного письма важное значение имеет сопоставление пространственных признаков разных букв, т. е. различение пространственных отношений между ними. Эта задача довольно сложна для начинающего школьника. Ему впервые приходится учиться писать правой рукой, но при этом вести каждую строчку с *левой* стороны на *правую*. При предметном счете на первых уроках по арифметике дети ведут отсчет предметов с *левой* стороны на *правую* и т. д.

На уроках рисования к этим действиям добавляется глазомерная оценка величин изображаемых предметов и их расположения в пространстве. На уроках физического воспитания все гимнастические упражнения (особенно элементарные построения и перестроения) связаны с практической дифференцировкой ребенком правой и левой сторон собственного тела и окружающего пространства.

Трудности пространственного различения испытываются детьми особенно в первое полугодие учебного года, по всем предметам, в том числе в обучении письму. Некоторые буквы, сходные по форме, не различаются ими по пространственному положению, поэтому дети нередко путают *ш—т*, *и—п*, а также *Д—В* или *Б*.

Семилетние дети, конечно, уже хорошо различают верх и низ знакомых им предметов ближайшего окружения. Однако при изучении букв, т. е. новых для них знаков, они не сразу дифференцируют пространственные соотношения. Трудности данной дифференцировки обнаруживаются не столько при письме под диктовку отдельных букв, сколько целых слов. Дети допускают в силу этого ошибки типа *иала* (пила), *талаш* (шалаш), *кашок* (каток) и др., а особенно отождествления *б* и *д*. Так, например, в букварный период много ошибок такого вида: *ягобы* (ягоды), *содака* (собака), *Люба* (Люда), *обев* (обед), *делка* (белка), *драт* (брат) и т. д.

Но недифференцирование нижнего и верхнего положений определенного элемента буквы — явление все же редкое. Значительно чаще встречаются случаи недифференцирования правого и левого направлений сходных по форме письменных знаков. Нет возможности специально описывать все те признаки, которые надлежало анализировать ребенку и которые им смешивались. Данному явлению предшествуют элементы зеркального письма у детей с неустойчивым правшеством, которые вначале пишут *Ɔ* (вместо *С*), *Є* (вместо *Э*), *Ої* (вместо *Ю*), *Ɛ* (вместо *З*). Эти дети смешивают *З* и *Е*, *С* и *Э*, *р* и *д*, т. е. не различают направления сходных по форме, но различных по своему значению знаков.

При написании целых слов пространственные координаты верх—низ и правое—левое взаимосвязаны, что составляет дополнительную задачу для аналитико-синтетической работы ребенка. Вследствие трудности в решении этой задачи некоторые дети допускают такие ошибки: *Воря* (Боря), *Бера* (Вера), *уетвертом* (четвертом), *уижи* (чижи), *кубшины* (кувшины), *комнатд* (комнату), *Шдра* (Шура), *пдшка* (пушка), *норд* (нору), *Нюрд* (Нюра), *кдкла* (кукла), *Людд* (Люду), *самдю* (самую), *ключд* (ключу).

Эта же причина лежит в основе отождествления *л* и *я*: *шкояа* (школа), *яещ* (лещ), *светяая* (светлая), *Аяша* (Алеша) и т. д.

При пространственной смежности знаков *д*, *о*, *а* возможны следующие ошибки: *вдду* (воду), *лошддь* (лошадь) и т. д.

В букварный период встречаются ошибки типа отождествления знаков *х* и *ж*, *х* и *с*: *этахи* (этажи), *хар* (жар), *ехик* (ежик), *хожлатка* (хохлатка), *крухка* (кружка), *нох* (нос), *леху* (лесу) и т. п. Подобные ошибки в III четверти сменяются другими — типа пространственной индукции сходных знаков, результатом которой является пропуск одного из них: *уеник* (ученик), *цапя* (цапля), *Коя* (Коля), *зври* (звери), *дедшка* (дедушка), или подстановка одной буквы взамен другой: *светлал* (светлая), *содака* (собака) и пр.; пространственная перестановка букв в слове, например *зеври* (звери), и др.

Являются ли подобные пространственные ошибки специфическими для *письма* в букварный период, т. е. для освоения письменных знаков? Нет. Подобные ошибки отмечены нами при изучении первоначальных навыков *чтения* в букварный период, причем у тех же самых детей, ошибки которых в процессе обучения письму изложены выше.

Анализ тетрадей по арифметике во второй четверти у *тех же самых детей*, допускавших подобные ошибки в письме, показывает, что эти дети неправильно решали примеры из-за отождествления *цифровых знаков*. У 41 ученицы одного класса было обнаружено за вторую четверть 109 подобных ошибок. Чаще всего смешиваются *6* и *9*, т. е. знаки, тождественные по форме, но различные по пространственному направлению (сочетание нижнего и правого направлений в знаке *6*, верхнего и левого направлений в знаке *9*). Частым является также отождествление цифр *4* и *7*, *6* и *8*, *9* и *2*, а также некоторых других (*3* и *5*, *9* и *3*, *1* и *10*).

Нет возможности приводить далее многие факты, свидетельствующие о трудности пространственного различения для ребенка в процессе обучения рисованию, метрическим мерам длины, построению и перестроению во время гимнастических упражнений и т. д. Помимо не сформировавшегося еще у семилетнего ребенка стереотипа совместной работы обоих полушарий головного мозга, причиной многих ошибок пространственного различения являются недостатки общей методики первоначального обучения, слабо учитывающей необходимость развития анализаторов ребенка путем выработки *сложных* условных рефлексов на пространственные сигналы. В данной связи принципиальный интерес представляет исследование нашей сотрудницы Р. А. Вороновой, проверенное на детях младшего и среднего школьных возрастов методикой условно-сосудистых рефлексов. В ее опытах безусловным раздражителем являлась вода в +4°, подававшаяся через резиновую, а затем через широкую стеклянную трубку, зафиксированную на тыльной стороне кисти левой руки испытуемого. Стеклянная трубка соединена с резиновой, по которой вода бесшумно выливается в резервуар.

Р. А. Воронова пользовалась водным плетизмографом, усовершенствованным А. Т. Пшонником. Регистрация велась путем пневматической записи на кимографе. Надо отметить, что всю физиологическую часть работы любезно консультировали профессора А. Т. Пшонник и Ю. М. Уфлянд.

В отличие от обычного типа исследования условно-сосудистых рефлексов, в качестве условных раздражителей были избраны пространственные признаки — различные местоположения световых сигналов.

Перед испытуемым автоматически включались (в различных опытах) правый и левый, а затем верхний и нижний световые сигналы, расположенные на экране. Условным раздражителем в первой серии опытов было избрано верхнее положение светового сигнала, а дифференцировочным раздражителем — нижнее положение светового сигнала. Во второй серии опытов условным раздражителем являлось правостороннее положение светового сигнала, подкреплявшееся раздражением воздушной струей. В этой серии сохранялась условная связь и дифференцировка на вертикальное положение объектов.

Эти опыты выявили интересный факт: во всех случаях оказалось, что *дифференцировка* пространственных сигналов вообще для детей *затруднительна.* Для уточнения этого положения были проведены дополнительные опыты, в которых дифференцировка вырабатывалась не на пространственные сигналы одного и того же качества (белый свет), а на разные качества световых раздражителей (лампочки разных цветов) при одном и том же пространственном положении. В опытах сразу же обнаружилось, что дети *не испытывают особых затруднений в такой дифференцировке.* Отсюда можно было сделать вывод о затруднительности дифференцировки именно в отношении условных *пространственных сигналов.* Этот факт подтверждает установленное в новейших психологических исследованиях положение

о том, что пространственное различение есть более сложный процесс, чем различение предметных качеств раздражителей.

В соответствующей серии опытов Р. А. Воронова вырабатывала у детей условный рефлекс на синий или зеленый цвет (для разных испытуемых), дифференцируя образовавшуюся временную связь неподкрепляемым другим световым раздражителем (красный цвет). Нулевая плетизмограмма, необходимая для начала таких опытов, была получена в предварительных опытах (от 1 до 3). Безусловный раздражитель (холодная вода +4°) давал с первого его применения безусловную реакцию сужения сосудов на холод. Образование условного рефлекса происходило в следующем порядке: условный раздражитель (синий или зеленый цвет для разных испытуемых) подается первым и его действие продолжается в течение 15—20 секунд, затем присоединяется безусловный раздражитель, действующий в течение 45—60 секунд. Дифференцируемый агент (красный цвет) подается через некоторое время (1—2 секунды) после первого положительного сочетания и ничем не подкрепляется. Образование условного рефлекса наметилось для некоторых детей на втором сочетании уже в первом опыте, а у всех шести испытуемых—во втором опыте, достигая в среднем 4—6 мм понижений кривой на плетизмограмме.

Первое проявление дифференцировки также возникает довольно быстро (в 1-м или 2-м опытах). Но сроки упрочения условной связи и дифференцировки расходились у одного и того же ребенка, хотя для некоторых детей эти сроки совпадали. Большое число опытов (до 7—11) понадобилось только двум испытуемым по разным причинам. Относительно большой срок для упрочения дифференцировки объясняется тем, что дифференцировочное торможение представляет большую трудность для нервной системы, чем образование положительной условной связи.

Замена условных раздражителей (положительного и отрицательного) *словесными* позволяла вырабатывать временные связи второй сигнальной системы с опорой на первую. Второсигнальные связи были образованы через 4—6 опытов для разных детей.

Приведенные данные приобретают интерес лишь при сопоставлении с основной частью опытов Р. А. Вороновой, в которых вырабатывались условные рефлексы на пространственные сигналы, различно дифференцировались временные связи первой и второй сигнальных систем. В первой серии опытов дифференцировались пространственные сигналы «верх», «низ», причем верхнее местоположение белого цвета подкреплялось безусловным раздражителем (холодной водой +4°), а нижнее не подкреплялось.

Уместно отметить, что первое проявление условного рефлекса на *качество* условного раздражителя в вышеописанных опытах имело место в 1—2-м опытах. Этого уже не было в опытах по дифференцировке пространственных сигналов *одного и того же* качества (белого цвета). Намечающийся условный рефлекс на сочетание верхний свет + холод *впервые* появляется в 1—3-м опытах. *Первое* раздражение дифференцировочным раздражителем (нижнее положение светового раздражителя) не дает дифференцировочной реакции. При вто-

ром раздражении *намечается* дифференцировка, но упрочение дифференцировки пространственных сигналов отодвигается на 2—4-й опыты. В отличие от положительной условной связи, прочность дифференцировки была недостаточной, что влияло на процесс специализации условной связи. В отличие от укрепления условных рефлексов на *качество* раздражителей, где большинству испытуемых потребовалось 4—6 опытов, для укрепления условных рефлексов на пространственные сигналы для одной половины испытуемых понадобилось не менее 7—9 опытов, а для другой — от 12 до 15 опытов.

Полученные результаты явственно указывают на значительно бóльшую трудность выработки *специализированной* условной связи с пространственными сигналами по сравнению с обычными условными рефлексами на качество условного раздражителя. Соответственно этому отодвигается и время опытов по изучению замены словесным раздражителем непосредственных пространственных сигналов.

В следующей серии опытов Р. Л. Воронова перешла к выработке условных связей и дифференцировок другой пары пространственных сигналов, а именно направлений в горизонтальной плоскости — правостороннее и левостороннее положения сигналов. Безусловным раздражителем в данных опытах было охлаждение области шеи и подбородка равномерно нагнетаемым воздухом из резинового баллона. При этом учитывалась возможность сокращения срока действия безусловного раздражителя до 7—4 секунд.

Для упрочения положительного условного рефлекса потребовалось от 2 до 12 опытов, в среднем также больше, чем на качественные раздражители, и меньше, чем на сигналы «вертикальной» оси.

Еще более сложными для детей оказались опыты с *переходными* сигналами: верхний правый и нижний правый, верхний левый и нижний левый положения световых сигналов. В этих случаях величина условных рефлексов уменьшалась, а длительность сроков упрочения специальных условных связей возрастала.

Р. Л. Воронова сравнила скорость образования условных реакций у одних и тех же испытуемых на *положительные* пространственные сигналы (в разных сериях), т. е. на верхнее и правое положения условных раздражителей. Оказалось, что наименьшим числом сочетаний для «правого» является 4, а для «верхнего» — 14, т. е. что в самых *легких* случаях «правое»» усваивалось в десять раз скорее, чем «верхнее».

Наибольшим числом сочетаний для «правого» являлось 24, а для «верхнего» — 36, что также подтверждает большую трудность для этих детей упрочения условных рефлексов на вертикальные пространственные сигналы сравнительно с другими пространственными сигналами в горизонтальной плоскости. Это же явление подтверждается сравнительным анализом *величины* условного рефлекса по количественным данным обработанных плетизмограмм.

Итак, Р. Л. Воронова установила, что: 1) любые пространственные сигналы — как горизонтальные, так и вертикальные — являются более сложными, чем условные раздражители «качественного» характера, 2) имеется неравномерность образования условных связей

с пространственными сигналами, поскольку для изучавшихся детей дифференцировка сторон вертикального направления оказалась более трудной, чем дифференцировка сторон горизонтального направления.

Первый вывод имеет общее значение. Он вполне совпадает с ранее приведенными массовыми данными о большой частоте ошибок пространственного различения у детей в процессе обучения разным учебным предметам.

Второй вывод имеет более специальное значение и требует выяснения причин, обусловливающих большую трудность ориентировки в вертикальном направлении у детей.

Дело в том, что Р. Л. Воронова изучала детей с поражениями опорно-двигательного аппарата (болезнью Литтля, последствиями полиомиэлита). У детей с явлениями паралича (или его последствием) опорно-двигательного аппарата периферического происхождения затруднена *практическая* ориентация в широком пространстве окружающего мира. Вместе с тем у них наблюдается вполне нормальная работа коры больших полушарий, играющая ведущую роль в компенсации двигательных поражений. Все эти дети учатся в клинических условиях, причем никаких отклонений от нормального процесса и содержания обучения нет. Большая работа проводится по развитию речи в процессе изучения русского языка и всех учебных предметов. Физическое воспитание и элементы трудового обучения закрепляют успехи оперативно-хирургического лечения болезней, которыми страдают эти дети.

Мы предположили, что в связи с недостаточностью передвижения детей и ограничением их практической ориентировки в пространстве должны были иметь место особенности пространственного различения в различных анализаторах. Встал вопрос о том, в какой мере эти особенности или недостатки компенсируются второй сигнальной системой и отражаются ли они в ней.

Данный путь Р. Л. Воронова избрала в качестве первой пробы изучения проблемы взаимодействия первой и второй сигнальных систем в пространственном различении вообще и получила весьма поучительные результаты.

Дифференцировка пространственных сигналов шла в двух направлениях — горизонтальном и вертикальном. В большинстве случаев оказалось, что дифференцирование правой лампочки от левой произошло приблизительно в 2 раза скорее, чем отдифференцирование верхней лампочки от нижней. Указанное явление свидетельствовало о том, что трудность дифференцирования «верха» от «низа» связана с заболеванием детей. Вертикальное положение для этих детей является очень трудным, а подчас и необычным. При направлениях «правое» и «левое» ребенок не ограничен в движениях в пространственной дифференцировке.

Характерно, что момент затрудненной дифференцировки сторон вертикальной линии был обнаружен только объективным методом условно-сосудистых рефлексов. Ни по обычной речи этих детей, ни по педагогическим наблюдениям подобный дефект не замечался.

В последующих опытах Р. А. Воронова переводила выработанные условные рефлексы на пространственные сигналы с первой сигнальной системы на вторую. Условный (пространственный) сигнал заменялся словесным раздражителем (с 36-го сочетания условного сигнала с безусловным). Сосудосуживающая реакция на словесный раздражитель, заменявший пространственный сигнал, была получена быстро во всех случаях и без каких-либо затруднений. После длительного образования условных рефлексов и их дифференцировки словесные раздражители вполне заменяли пространственные сигналы в том случае, если они периодически подкреплялись сочетанием условного сигнала и безусловного раздражителя.

Из вышеописанных опытов следовало, что в практике физического воспитания и обучения учебным предметам нужно обратить особое внимание на развитие пространственного различения по вертикальной линии. После таких опытов особенно необходимо было изучить, в какой мере в живой речи детей обнаруживаются или, напротив, маскируются трудности пространственного различения по вертикальной линии. С этой целью Р. А. Воронова применила другие психологические методы исследования.

Первый из них заключался в постановке перед ребенком задач словесного описания картинок клетки и птицы, причем в 8 вариантах картинок птица изображалась в разных пространственных положениях (в клетке, над клеткой, впереди клетки, на клетке, под клеткой, за клеткой, у клетки с правой и левой стороны). Изучение свободной речи детей в процессе описания картинок обнаружило следующее: отношения правой и левой сторон дети обозначали правильно, опираясь на сравнение с правой и левой сторонами собственного тела. Пределом правильного обозначения правой и левой сторон изображения является предел собственного тела, за которым детям уже трудно соотносить стороны и правильно их обозначить. Более простые предлоги «в» и «на» всеми детьми назывались сразу и без ошибок. Иначе обстояло дело с употреблением предлогов «над», «под», «за», «перед», «между», оказавшихся для них более трудными. Эти предлоги нередко заменялись другими или употреблялись неверно.

Для проверки была применена еще одна методика пространственно ориентированных действий. Испытуемому предлагалось перемещать пешку по определенным пространственным координатам шахматной доски (вверх, вниз, направо, налево и т. д.). В данных опытах вновь обнаружилась относительная легкость действий и обозначений правого и левого направлений, но затруднение в пределах сочетанных направлений (вверх—налево или вниз—направо). Сочетания этих направлений оказывались, вероятно, трудными именно из-за сигналов вертикальной линии, что связано с особенностями поведения детей, страдающих поражением опорно-двигательного аппарата.

Из исследований Р. А. Вороновой видно, что дифференцировка пространственных отношений в первой сигнальной системе служит опорой для работы второй сигнальной системы (в отношении определенных частей речи и членов предложения). Совершенно очевидно

также, что система обучения и развитие второй сигнальной системы постепенно компенсируют недостатки первой сигнальной системы и корректируют ее деятельность, поднимая на новый уровень развития

В исследовании В. А. Мараева, проведенном методикой условно-двигательных рефлексов с речевым подкреплением в качестве условных раздражителей, применялись плоскостные изображения геометрических фигур. В этом исследовании были выявлены зависимости процесса дифференцировочного торможения от взаимодействия двух сигнальных систем, что составляет предмет особого обсуждения. Более общим результатом является подтверждение положения о значительной сложности выработки дифференцировки условных рефлексов на пространственные признаки и отношения.

Исследования сложных условных рефлексов на пространственные сигналы дают основание обнаружить особую трудность дифференцировки данных сигналов в работе различных анализаторов внешней среды. Однако эта закономерность изменяется в зависимости от характера отражения той или иной формы движущейся материи в определенных анализаторных системах. Поэтому необходимо рассмотреть особенности пространственного различения в деятельности различных анализаторов человека.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ЗРИТЕЛЬНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗЛИЧЕНИЕ

Зрительные ощущения суть отражения света как особой формы движущейся материи. В процессе эволюции животных организмов чрезвычайно сказывается роль их приспособления к солнечной энергии и свету. Суточные колебания света и тьмы повлияли на специализацию животных организмов как дневных или ночных, в зависимости от чего находится характер их зрения (дневного, т. е. цветового, или сумеречного). Но еще большее значение в эволюции высших животных сыграло не прямое приспособление к свету, а ориентация посредством свето- и цветоощущений в *предметах* окружающей среды, причем важным условием ориентации в среде является освещенность видимых предметов, отражение или поглощение ими световых лучей.

В процессе эволюции мозга световые раздражители все больше приобретали значение *сигналов* необходимых для организма веществ и предметов внешнего мира.

Зрение представляет собой высшее приспособление к свету, оно свидетельствует о том, что свет не только производит физико-химические изменения в организме (как, например, фотохимическую реакцию в растениях в виде образования хлорофилла), но и сам становится объектом анализа и субъективного отражения.

Исходным моментом данного анализа является действие светового потока на зрительный рецептор, особенно на палочковые и колбочковые аппараты сетчатой оболочки глаза. В современной анатомии и физиологии зрительного рецептора как сложнейшего оптического аппарата накоплены весьма важные данные о его структуре и функциях,[1] но для понимания механизмов пространственного видения важно иметь в виду связь оптического аппарата с мышечным аппаратом глаз, впервые открытую И. М. Сеченовым. Особенно существенно учесть пути передачи возбуждения из этих аппаратов в мозг через зрительный нерв.

---

[1] См. С. В. Кравков. Глаз и его работа. 4-е изд., М., 1950.

Передача возникающего в сетчатой оболочке возбуждения в головной мозг осуществляется зрительным нервом. Он состоит из огромной массы от 400 000 до 800 000 нервных волокон, идущих от сетчатки в мозг. Нервное волоконце связано с большой группой палочек и колбочек (в среднем около 200). Число чувствительных клеток, приходящихся на одно волокно, различное в разных местах сетчатки: оно возрастает от центральной части сетчатки к ее боковым частям. Из этого можно заключить, что связь колбочковых аппаратов с волокном является более расчлененной и дифференцированной, чем связь палочек с нервным волокном (более групповая и нерасчлененная). Этот факт свидетельствует также о том, что приспособление головного мозга человека к световым волнам различной длины

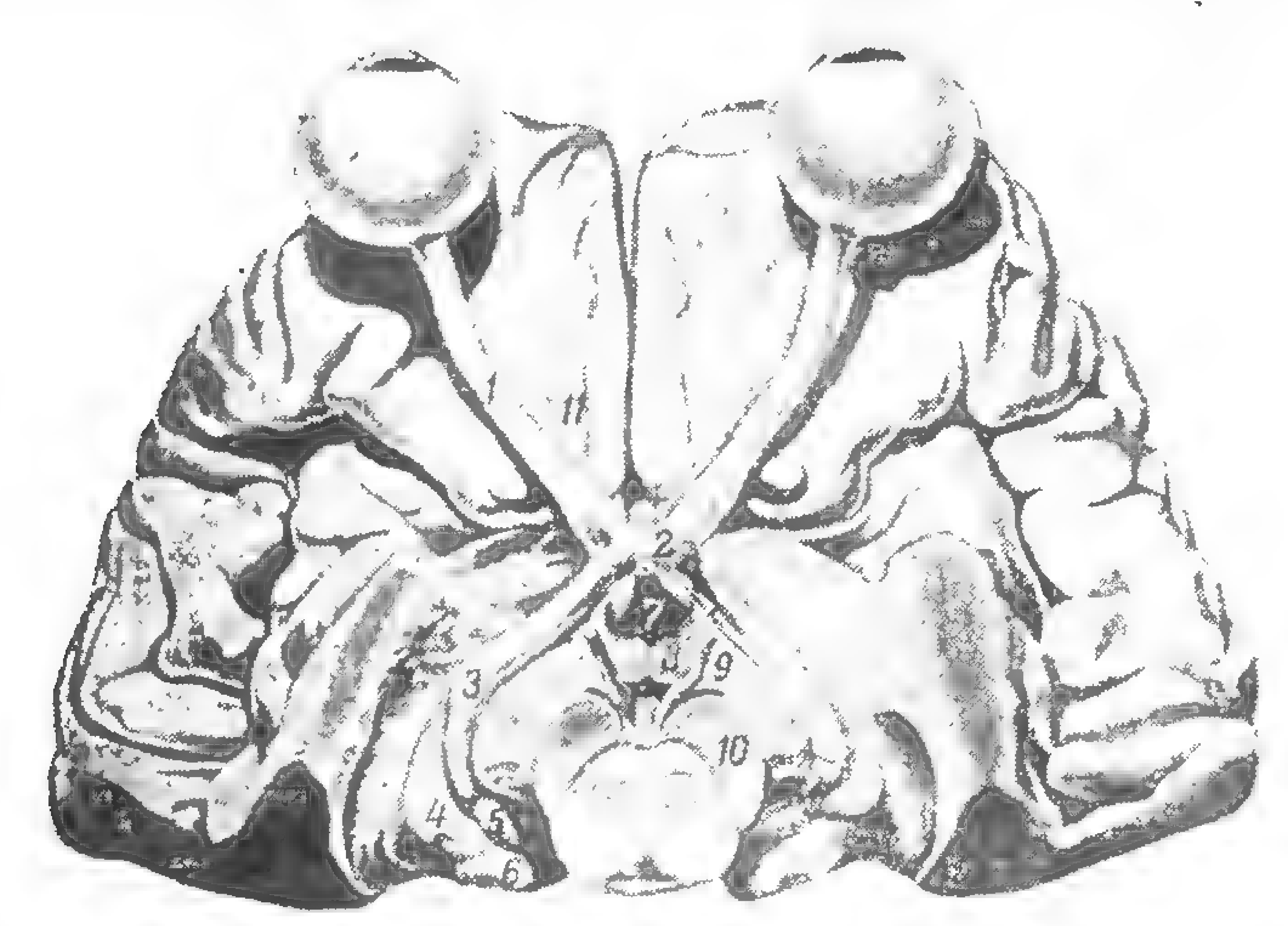


Рис. 1. Зрительные пути и подкорковые зрительные центры. (По С. В. Кравкову).

и частоты колебаний имело решающее значение для развития светового анализатора человека. Нервные волокна образуют в зрительном нерве три главных пучка, идущих от различных областей сетчатки: 1) от внешней (височной) половины, 2) от внутренней (носовой) половины и 3) от центральной (макулярной) области. По ходу зрительных нервов от обоих глаз волокна частично перекрещиваются в так называемой хиазме (месте перекреста зрительных нервов). На рис. 1 хиазма обозначена цифрой 2.

Точно установлено, что волокна, идущие от внутренней (носовой) части сетчатки, направляются к полушарию головного мозга *противоположной стороны* (например, от внутренней части правого глаза волокна идут в левое полушарие и наоборот). Волокна же внешней (височной) половины сетчатки идут в полушарие *одноименной стороны* (например, от внешней части левого глаза — в левое же полушарие).

Предполагается, что волокна от центральной области сетчатки идут в оба полушария, разделяясь на две части—перекрещивающиеся и неперекрещивающиеся. Частичным перекрестом волокон зрительных нервов объясняются случаи так называемой гемианопсии (слепоты на одну половину поля зрения), которая возникает при мозговых заболеваниях.

Рассмотрение хода зрительных нервов и их частичного перекреста в хиазме заставляет признать *парность* зрительных рецепторов, непосредственно связанную с *парностью* больших полушарий головного мозга. Световые раздражения от одного и того же предмета возбуждают сетчатые оболочки обоих глаз. Процесс возбуждения распространяется по зрительным нервам в оба полушария. В результате совместной работы обоих полушарий человек видит не два раздельных, а единое целостное изображение предмета, воспринимавшегося двумя глазами. Единство зрительного образа имеет исключительное значение для пространственного видения и обусловлено деятельностью мозговых концов светового анализатора.

Надо отметить, что для возбуждения воспринимающих клеток коры большое значение имеет число одновременно возбужденных нервных волокон, а также частота импульсов, посылаемых волокнами в зрительные воспринимающие центры коры головного мозга. С этим связана площадь возбуждаемой коры и интенсивность возбуждения соответствующих элементов мозгового конца светового анализатора.

Зрительные нервы огибают «ножки» большого мозга и входят в подкорковые зрительные центры, лежащие у основания больших полушарий. Среди подкорковых зрительных центров наибольшее значение имеет так называемое наружное коленчатое тело, где оканчиваются почти все волокна зрительного нерва. Передача возбуждения в корковый центр происходит уже непосредственно из подкорковых зрительных центров, особенно наружного коленчатого тела. Зрительный бугор и четверохолмие выполняют функции передачи раздражений к ядрам глазодвигательных нервов.

В наружном коленчатом теле имеется шесть слоев серого вещества. В одних слоях оканчиваются перекрещивающиеся волокна от сетчатки противоположного глаза, в других — неперекрещивающиеся волокна от сетчатки глаза той же стороны.

Из подкорковых центров в корковый зрительный центр идут особые нервные волокна, которые направляются в *затылочные доли коры больших полушарий головного мозга.*

Корковый зрительный центр расположен именно в затылочных зонах коры, причем ядро светового анализатора связано преимущественно с областью так называемой ареа стриата.

В данной области внутренний клеточный зернистый слой расщепляется на два слоя мощным пластом миэлиновых волокон.

Полагают, что в данных слоях отражаются изображения с сетчаток обоих глаз.

В слое больших звездчатых клеток в области ареа стриата каждого полушария происходит слияние возбуждений, поступающих от

одноименных сторон сетчаток обоих глаз. Раздражение зрительной области коры вызывает светоощущения и движение глазных яблок. Каждому пункту зрительной области коры соответствует определенный пункт сетчатки. Зрительная область коры является как бы проекцией изображений, которые первично строятся всей оптической системой глаза на сетчатой оболочке.

При полном поражении коркового конца анализатора человек утрачивает способность ощущать свет. Но при сохранении светоощущения и ориентации в направлениях световых лучей при некоторых отличных по степени и локализации поражениях больной теряет способность воспринимать формы, пространственные признаки и отношения предметов, а также не узнает или плохо узнает ранее виденные предметы окружающей среды.

Неполная потеря зрения при тяжелом поражении (ранении, контузии, сосудистом заболевании мозга) была необъяснима в свете обычных, узко анатомических представлений локализации коркового зрительного центра лишь в определенной и ограниченной области.

Впервые вся нормальная и патологическая деятельность коры по регуляции работы органов зрения нашла объяснение в учении И. П. Павлова о мозговом конце анализатора, состоящего из ядра анализатора и его рассеянных элементов.

Методом условных рефлексов И. П. Павловым было обнаружено, что временные связи на световые раздражения не могут возникать в подкорковых зрительных центрах, через которые лишь *проводится* возбуждение от сетчаток глаз. Условные рефлексы на световые раздражители замыкаются только в коре головного мозга.

И. П. Павлов установил, что в затылочных долях имеется ядро зрительного анализатора, делающее возможным самые сложные комплексные зрительные раздражения.

После удаления затылочных долей у собак полностью разрушалось *предметное зрение*. Ни люди, ни другие животные, ни пища не различались такими собаками. Собака без затылочных долей находила пищу лишь по запаху или ориентировалась по привычным звукам, сопровождающим подачу пищи. При этом у такой собаки в нормальном состоянии оставались оптический и мышечный аппараты глаз и зрительные нервы.

И. П. Павлов отмечал, что потеря предметного зрения в данных случаях означает утрату *высшего синтеза и анализа световых раздражений, которые воспринимаются ядром зрительного анализатора.* Указанные опыты установили существование *ядра зрительного анализатора в затылочных долях коры больших полушарий.* Но зрительный анализатор распространен гораздо шире, а «может быть, по всей массе больших полушарий» (И. П. Павлов).

В сохранившейся передней половине коры головного мозга было обнаружено наличие рассеянных элементов зрительного анализатора. У собак без затылочных долей легко образовывались условные рефлексы на общее освещение комнаты, где проводились опыты, при этом собаки различали довольно прочно изменения интенсивности освещения. В освещенном пространстве собака обходила затененные

предметы и уходила в открытую дверь как в светлое место. Оказалось далее, что такие собаки дифференцировали не только степень освещенности (свет и тени), но и некоторые простые формы затемненных и освещенных предметов (например отличали форму креста, как условный сигнал пищевого подкорма, от формы круга, не подкреплявшегося затем пищей). Однако у этих же собак не могли быть выработаны условные рефлексы на отдельные предметы, являющиеся сложными комплексными раздражителями, для восприятия которых необходимы высшие синтез и анализ. В нормальном поведении животное имеет дело с движущимися предметами на разных расстояниях и при различных условиях освещения. Большое значение имеет различение *объемности* предметов, которая в опытах заменялась плоскостными двухмерными формами.

Возможность различения форм при поражении ядра зрительного анализатора свидетельствует о важной роли рассеянных элементов зрительного анализатора. Эти элементы осуществляют как анализ изменений интенсивности света, так и простейшее дробление форм внешних предметов.

Корковое нарушение зрительных функций зависит от тяжести поражения коры больших полушарий головного мозга. Самое минимальное нарушение мозгового конца зрительного анализатора вызывает *ограничение поля зрения.* Значительно более тяжелое нарушение выражается в неразличении предметов (отсутствие предметного зрения). Максимальное нарушение работы зрительного анализатора обнаруживается в полной потере различения интенсивности освещения, т. е. потере светоощущения.

Полная потеря зрения — наиболее тяжелая форма нарушения, имеет место при поражении рассеянных элементов анализатора по всей коре головного мозга.

Открытие И. П. Павловым различия функций ядра и рассеянных элементов зрительного анализатора имеет особое значение для понимания механизмов зрения человека. У собак отсутствует или слабо развито цветовое зрение. Можно думать, что цветовое зрение у человека составляет функцию ядра зрительного анализатора. Возможно, что не все функции цветового зрения одинаково связаны с ядром анализатора.

Преимущественный распад способности различать зеленый, голубой, синий и фиолетовый цвета у больных с нарушением затылочных долей дает основание думать, что коротковолновые цвета требуют большей работы высшего синтеза и анализа, чем длинноволновые. На это указывает и факт более раннего образования реакции ребенка на красный, оранжевый и желтый цвета сравнительно с голубым, синим и фиолетовым. Возможно, что некоторые функции цветового зрения связаны как с ядром, так и с рассеянными элементами анализатора.

Особенное значение для человека имеет пространственное видение, наиболее тесно связанное, как и предметное зрение, с ядром зрительного анализатора. Однако отдельные элементы пространственного видения (например различение светотени ближних и дальних

предметов) осуществляются работой рассеянных элементов зрительного анализатора и т. д. *Взаимодействие ядра и рассеянных элементов мозгового конца зрительного анализатора, их единство есть необходимое условие нормального человеческого зрения.* Лишь постольку, поскольку в мозговой конец зрительного анализатора доводится возбуждение сетчатой оболочки и зрительного нерва, в сознании человека возникает ощущение света, цвета и освещенного предмета.

В мозговом конце анализатора многие тысячи отдельных возбуждений, идущих в мозг от отдельных точек сетчатки и из отдельных волокон зрительного нерва, не только соединяются в одно целое (синтезируются), но и вновь анализируются, расчленяются, соотносятся с накопленным индивидуальным опытом организма.

В основе зрительных ощущений лежит неразрывная связь между двумя главными нервными механизмами — анализатором и временными связями. Посредством временных связей анализатор развивается, совершенствуется. Благодаря временным связям (накапливаемому индивидуальному опыту) мозговой конец зрительного анализатора регулирует работу глаз и состояние зрительных проводников, настраивает их на более высокий уровень отражения природы света и цвета, всех предметов внешнего мира, воспринимаемых в определенных условиях освещения.

Ранее было подчеркнуто, что даже самое минимальное нарушение мозгового конца зрительного анализатора вызывает *ограничение поля зрения.* Напротив, условием нормального зрения является *нормальное поле зрения*, позволяющее *обозревать освещенное пространство, в котором находятся те или иные предметы внешнего мира.*

В психологии, физиологии и врачебной практике полем зрения называется пространство, которое может видеть *неподвижный* глаз, т. е. фиксирующий в данный момент какой-либо предмет или точку. Легко заметить, что при сосредоточении взора на каком-либо предмете мы видим не только данный предмет, но и окружающее его пространство сверху, снизу, с боков. Но пространство поля зрения в данный момент, конечно, мало по сравнению с обозреваемым нами пространством при *перемещении взора*, т. е. при движении глазных яблок. Однако и при перемещении взора мы имеем сочетание, или суммацию, ряда одновременных действующих *полей зрения.* Можно даже сказать, что *отдельное расчленение и устойчивое поле зрения* развивается из постоянной смены полей зрения, т. е. из суммации многих полей зрения. В первые месяцы жизни ребенок не способен фиксировать взор, у него еще нет и содружественных движений глаз. «Обозрение» пространства ребенком происходит по типу безусловного ориентировочного рефлекса путем поворота головы на любое сильное внешнее раздражение. Вместе с развитием высшей нервной деятельности образуется способность фиксации взора и анализа раздражителей, находящихся в поле зрения в данный момент. Устойчивость взора является условием образования расчлененного и устойчивого поля зрения, а вместе с тем условием внимания или

установки на предмет, в данный момент действующий на органы чувств.

Для установления связи зрительного анализатора с каким-то предметом необходимо, чтобы предмет попал в поле зрения человека, явился перед ним как известный объект сознания. Воспринимаемый предмет находится в определенном пространстве, он выделяется светотенью или цветом, формой или величиной из общей совокупности условий воспринимаемого в данный момент пространства. Поэтому в поле зрения даны и определенные условия для светлотного и цветового контраста, для сравнения формы и величины предметов и т. д. Иначе говоря, *поле зрения есть первое и необходимое пространственное условие зрительного ощущения и восприятия,* в котором неразрывно связаны оптические и пространственные признаки и свойства воспринимаемых предметов. Поле зрения человека складывается из раздельных полей зрения каждого из глаз. Бинокулярное поле зрения (обоих глаз), как уже указывалось, совершеннее монокулярного (одного глаза), поскольку каждое из полей зрения отдельного глаза ограничено участком, прилегающим к соответствующей половине носа. В этом легко убедиться, закрыв один глаз и устремив взор другого глаза вперед. Носовая перегородка будет как бы обрезать соответствующую часть поля зрения: для левого глаза — правую, для правого — левую. Бинокулярное поле зрение ослабляет ограничивающее действие этой помехи.

Путем сравнительного исследования изменений поля зрения одного и того же глаза в разных положениях объекта (движение его кнаружи, т. е. в правую сторону для правого глаза, в левую для левого, кнутри, т. е. в противоположную сторону, кверху и книзу) можно установить основные измерения поля зрения. В норме для объектов белого цвета границы поля зрения характеризуются следующими величинами: кнутри—60°, кнаружи—90°, книзу—70°, кверху—60°. Таким образом, границы поля зрения неравномерны даже в отношении движения самого простого объекта. Наибольшая величина характеризует направление кнаружи, затем книзу, а направление кверху и кнутри характеризуется наименьшей для этих условий величиной (разница 30°). Поле зрения для движения цветных объектов сужается сравнительно с условиями восприятия белого цвета. Поле зрения меньше для синего цвета, еще меньше для красного и наименьшее для зеленого.

Еще более сужается поле зрения для *предметного зрения,* т. е. момента появления в боковых частях поля зрения какого-либо уменьшенного изображения предмета. Опыты с периметром подтверждают большую чувствительность боковых частей сетчатки к светотеням и меньшую их чувствительность к цветам.

В своей основе поле зрения зависит от состояния коры головного мозга, особенно мозгового конца зрительного анализатора. При органических заболеваниях больших полушарий головного мозга происходит то или иное нарушение поля зрения. К этим центральным, мозговым нарушениям поля зрения относятся *концентрическое сужение* поля зрения (по всем направлениям), *центральные скотомы* (выпа-

дение отдельных участков внутри поля зрения), *гемианопсия* (выпадение половины поля зрения) и т. д.

Нарушение поля зрения находится в зависимости от характера поражения перекреста зрительных путей в хиазме. На рис. 2 показана схема так называемой битемпоральной гемианопсии, возникающей при нарушении внутренних частей перекреста зрительных путей. На рис. 3 изображена схема так называемой биназальной гемианопсии, имеющей место при разрушении наружных частей этого перекреста.

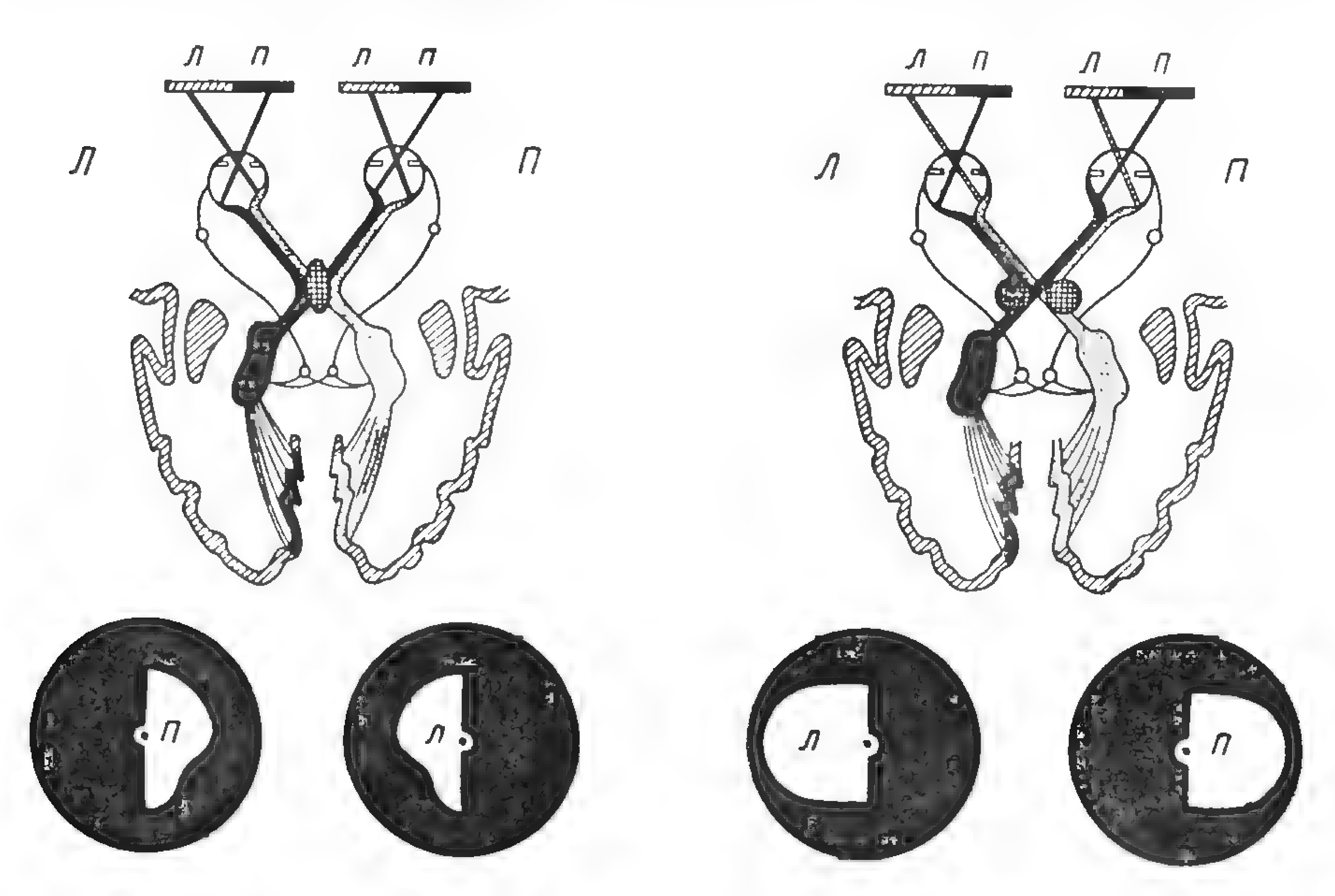


Рис. 2. Гемианопсия при разрушении внутренних частей перекреста зрительных нервов.
(По Сеппу, Цукеру и Шмидту).

Рис. 3. Гемианопсия при разрушении наружных частей перекреста зрительных нервов.
(По Сеппу, Цукеру и Шмидту).

Из сопоставления обеих схем видно, что характер ограничения полей зрения как правого, так и левого глаза зависит от характера поражения частичного перекреста зрительных путей, соединяющих каждый глаз с обоими полушариями. Поле зрения нарушается при поражении центральных образований зрительного аппарата, включая и корковую часть его.

Поэтому исследование поля зрения составляет необходимый прием диагностики ряда мозговых заболеваний. Поле зрения нормального человека изменяется с возрастом. Сравнительно с ребенком у взрослого поле зрения расширяется во всех направлениях.

Корковая обусловленность поля зрения ясно сказывается с изменением его при корковых поражениях. Это в частности обнаруживается при сравнении детей нормальных и умственно недостаточных. Сравнительно с нормальными детьми у детей с мозговой недостаточ-

ностью наблюдается концентрическое сужение поля зрения по в
направлениям.

Развитие полей зрения у взрослого человека связано с хара
ром деятельности. Постоянная работа по наблюдению способств
расширению полей зрения.

Поля зрения обоих глаз у одного и того же человека неравн.
при нормальном состоянии мозга. Сравнивая показания монокул
ных полей зрения обоих глаз, можно заметить, что величина (в г
дусах) не совпадает для обоих глаз в одних и тех же направлени
Исследования нашей лаборатории (Б. Г. Ананьев, В. И. Кауфм
и др.) показали, что один из глаз характеризуется большим объем
поля зрения, т. е. является ведущим по этому признаку. Взаимоде
ствие полей зрения обоих глаз опирается на ведущий в простра
ственном различении глаз, корректирующий поле зрения друго
глаза (особенно в направлении взора кнутри и кверху).

Поле зрения составляет одно из общих условий протекания зр
тельного ощущения и восприятия.

Другим пространственным условием зрительных ощущений
восприятий является *угол зрения.*

Каждая отдельная точка освещенного предмета, воздействующа
на глаз, при определенных условиях возбудимости и адаптаци
порождает ощущения. Но поверхность предмета состоит из множе
ства точек, которым соответствует и множество зрительных ощуще
ний от одного и того же предмета.

Как было отмечено еще И. М. Сеченовым, количество одновре
менно возникающих ощущений определяется общей *площадью* раз
дражений сетчатки глаз. Им было подчеркнуто, что площадь раздра
жения глаза зависит, в свою очередь, от физических условий наблю
дения. Этими условиями являются: 1) расстояние от наблюдателя до
наблюдаемого объекта и 2) величина объекта при данной дистанции
наблюдения.

Человек видит одни и те же предметы на разных расстояниях, следовательно, уменьшающимся или увеличивающимся, так как либо он сам движется, либо движутся предметы относительно человека. Состояние полного покоя, неподвижности человека и воспринимаемых им предметов является частным случаем. Угол зрения есть отношение дистанции наблюдения к величине видимого предмета. Чем больше величина предмета и меньше дистанция наблюдения, тем больше угол зрения.

Зрительный анализатор человека чрезвычайно тонко и точно реагирует на изменения светлоты, цветов и форм предметов с изменением расстояний. Развитие транспорта, главным образом водного и воздушного, предъявило особые требования в этом отношении, способствуя развитию пространственного видения.

Зрительные ощущения и восприятия под большим углом зрения дают наиболее точно и быстро правильные образы вещей. Малый угол зрения затрудняет работу зрительного анализатора, так как уменьшается общая площадь возбуждения сетчатой оболочки. Зрительные ощущения и восприятия под малым углом зрения требуют

большего времени для отражения действительного цвета, светлоты и формы воспринимаемых вещей.

Лучи света, идущие от какого-нибудь тела к глазу, образуют угол, упирающийся своей вершиной в зрачок. Угол зрения обусловливает видимую величину предмета, а следовательно, и площадь возбуждения глаза.

От угла зрения зависит характер распознавания цвета и формы вещей. Под малым углом зрения изменяется цветоощущение. А. И. Зотовым показано, что под малым углом зрения оранжевый цвет (на белом фоне) сильно краснеет, а зеленый — голубеет. Эти изменения тем больше, чем меньше углы зрения, под которыми изменяется цвет.

При дальнейшем уменьшении угла зрения поверхности предметов теряют свою цветность и ощущаются как ахроматические (светло- или темносерые), в связи с чем, например, с самолета лес будет казаться уже не зеленым, а серым (с большой высоты).

Угол зрения в известной мере определяет соотношение ахроматического и цветового зрения. Под большим углом зрения цветовое зрение становится более точным и устойчивым. Еще большее значение имеет угол зрения для *предметного зрения,* различения частей и свойств предмета.

При расстоянии в 2 м можно разглядеть морщинки на лице человека, которых уже совершенно не видно, например, при расстоянии 10 м. На расстоянии 50—100 м не всегда можно узнать знакомого человека, а на расстоянии 1 км трудно определить его пол, возраст, характер одежды. С расстояния 5 км человек вообще уже не виден невооруженным глазом.

Следовательно, угол зрения является одним из общих объективных условий работы зрительного анализатора. Для того чтобы определить угол зрения, необходимо определить *угловой поперечник предмета,* выражаемый в обычных для углов размерах: градусах, минутах и секундах.

Проведем мысленно из глаза наблюдателя две линии к двум краям поверхности наблюдаемого предмета. Составленный ими угол и есть угловой поперечник, или размер воспринимаемого предмета.

Чем дальше предмет, тем меньше его угловой поперечник. Границей видения предмета является угловая величина не меньше 1′. Угол зрения важен для определения светочувствительности к разным частям спектра световых лучей, особенно для определения порогов пространственного видения.

Как светоразличение, так и цветоразличение зависит от поля и угла зрения.

Известно, что наряду с оптическим смешением цветов имеется пространственное смешение цветов, хорошо изученное наукой. *Пространственным смешением цветов* называется смешение цветов по *пространственной смежности* и особенно по совместному действию при уменьшающихся углах зрения (т. е. на известном расстоянии от цветных объектов). Если смотреть *издали* на разноцветную поверхность, то она кажется не пестрой, а одноцветной, окрашенной в ре-

зультирующий цвет смеси отдельных цветов. Объясняется это тем, что при очень малой величине изображения двух соседних разноцветных пятен на сетчатке настолько близки, что в мозгу они сливаются и дают впечатление одного цвета. В текстильном производстве пространственное смешение цветов получается в однотонной ткани сплетением разноцветных нитей. В монументальной живописи подобное смешение цветов создает впечатление расстояния от одноцветности той или иной части изображения.

Б. М. Теплов и его сотрудники установили, что количественные закономерности пространственного смешения цветов те же, что и закономерности оптического смешения цветов. Оптическое пространственное смешение цветов может быть определено монокулярно. В нормальных случаях нет разницы между цветовым зрением обоих глаз, если ими пользоваться при смотрении на цветную поверхность *раздельно* и попеременно закрывая то один, то другой глаз. Иная картина получается при бинокулярном зрении. В бинокулярном цветовом зрении неизбежно возникает *борьба полей зрения*. Это явление имеет место и в ахроматическом бинокулярном зрении. Если на сетчатку одного глаза падает белый цвет, а другой глаз в это время смотрит на черную поверхность, то у человека возникает ощущение серого цвета, причем это ощущение все время колеблется между ощущениями белого и черного полей, которые являются объектами раздельного видения обоих глаз. В цветовом зрении такое явление еще более усиливается. Если смотреть одним глазом на свет через красный светофильтр, а другим — через зеленый, то получится ощущение желтого цвета, колеблющегося между красным и зеленым (то краснеющего, то зеленеющего желтого цвета).

В основе борьбы полей цветового зрения лежит разность возбуждений, приходящих в кору головного мозга от обоих зрительных рецепторов. Эта разность определяется тем, что каждый из них раздражается лучами различной длины волны. Столкновение обоих возбуждений в коре головного мозга порождает торможение, распространяющееся то на одно, то на другое поле зрения, чем объясняется подвижность бинокулярного цветового зрения, его колебание то в одну, то в другую сторону бинокулярно смешиваемых цветов.

Следовательно, бинокулярный *синтез* цветов является результатом условнорефлекторной деятельности коры, поскольку торможение, возникающее при столкновении обоих возбуждений в одном световом анализаторе, является внутренним, т. е. условным, торможением. Доказана условнорефлекторная природа и бинокулярного *анализа* смешанных цветов.

Все явления смешения цветов, особенно бинокулярного смешения цветов, свидетельствуют об исключительной роли *взаимодействия различных цветоощущений*. В цветовом зрении своеобразно выступают основные формы взаимодействия ощущений — положительная и отрицательная индукции.

Светлотный и цветовой контрасты обеспечивают *резкость граней* (или контуров) воспринимаемых предметов внешнего мира. Это чрезвычайно важно, так как контуры предмета суть «раздельные

грани двух реальностей» (И. М. Сеченов), отделяющие предмет от граней фона и других предметов. Следовательно, светлотный и цветовой контрасты имеют важное значение для остроты зрения.

Под остротой зрения разумеется степень четкости различения границ предметов. Острота зрения составляет один из главнейших признаков предметного зрения. Она определяется тем минимальным промежутком между двумя точками, который порождает минимальное ощущение граней или отделенности одной точки от другой. За единицу остроты зрения принимается величина промежутка в одну угловую минуту (1′). У многих людей минимальный порог остроты зрения ниже этой величины промежутка (не доходит до 20—10″). В таких случаях острота зрения является повышенной (сравнительно со средними величинами).

Острота зрения у здоровых людей зависит прежде всего от угла зрения, т. е. от пространственных условий видения. Поэтому остроту зрения вычисляют на определенных постоянных расстояниях от наблюдателя до объектов, точно соблюдая угловой размер с промежутком в 1′. С уменьшением угла зрения промежутки между точками или гранями предметов исчезают, как бы сливаются друг с другом; человек начинает воспринимать вместо двух раздельных точек одно нерасчлененное пятно.

Острота зрения зависит и от определенных особенностей зрительного рецептора (нормального глаза и отклонений от него; близорукости или дальнозоркости; аккомодации, величины зрачка и т. д.). Для близорукого глаза порог остроты зрения будет значительно большим, чем для нормального или дальнозоркого глаза. Наилучшая острота зрения отмечается при величине зрачка диаметром в 3—4 мм. Наилучшая острота зрения обеспечивается также центральной частью поля зрения и т. д. Все это необходимые, но не решающие условия. Дело в том, что в основе остроты зрения лежит различительная чувствительность не только глаза, но и всего светового анализатора в целом. Следовательно, в основе остроты зрения находится корковая *дифференцировка раздражителей*, связанная с работой ядра мозгового конца зрительного анализатора. Поэтому ведущую роль в остроте зрения играет деятельность коры головного мозга. Условнорефлекторный характер изменения остроты зрения экспериментально доказан опытами С. В. Кравкова и М. А. Севрюгиной. В данных опытах звук метронома сочетается с увеличением освещенности различаемых темных объектов на светлом фоне. После ряда сочетаний один звук метронома без увеличения освещенности вызывал повышение остроты зрения. Указанный факт был проверен в нашей лаборатории Е. П. Мирошиной-Тонконогой, которая подтвердила это наблюдение. В процессе опытов Е. П. Мирошина-Тонконогая нашла, что полученная таким образом более высокая острота зрения переносится с одного глаза, где вырабатывался сенсорный условный рефлекс, на другой глаз (без всякого предварительного упражнения), причем перенос условнорефлекторного повышения остроты зрения с одного глаза на другой скорее осуществляется в случае переноса с ведущего глаза на неведущий, чем наоборот.

Повышение остроты зрения путем упражнений установлено давно в русской офтальмологии. В последнее время повышение остроты зрения путем упражнений доказано точными опытами Л. И. Селецкой. Об исключительной роли упражнений в развитии остроты зрения свидетельствует также и метод лечения Л. И. Сергиевского и А. А. Цвик, примененный по отношению к людям с резкими отклонениями от нормальной остроты зрения (у косящих людей и людей с резким понижением остроты зрения). Они заклеивали на длительный срок лучше видящий глаз и тем самым снимали его тормозящее действие на слабовидящий глаз, принуждая его к постоянной различительной работе. Если до такого лечения худший глаз обладал крайне низкой остротой зрения (различением пальцев близко от лица), то после месячного лечения острота зрения достигала нормального уровня.

* *
*

В реальных условиях наблюдения за предметами внешнего мира человек одновременно ощущает множество воздействий точек одного и того же освещенного тела и окружающего его пространства. На основе этого комплексного воздействия внешнего тела между отдельными зрительными ощущениями возникает взаимодействие, протекающее по типу замыкания временных связей. Взаимодействие одновременных зрительных ощущений зависит не только от явлений светового или цветового контраста, но и от пространственных условий видения (соотношения величины объекта и фона, расстояний между ними, расстояний от них до наблюдателя и т. д.). С рядом пространственных особенностей зрения, отражающих пространственный характер движения, света и освещенных тел в окружающей среде мы уже встречались раньше. К ним относятся поле зрения, угол зрения, острота зрения. Эти пространственные особенности зрительных ощущений важны для понимания закономерностей изменения светоощущений и цветоощущений, т. е. отражения природы самого света.

Однако исключительное познавательное значение зрительных ощущений заключается в том, что через дробление (анализ) и воссоединение (синтез) отражаемых оптических свойств предметов внешнего мира они дают нам знание о пространстве как об одной из основных форм существования материи и о каждом отдельном внешнем теле и явлении.

Чувственные знания о пространстве — не прирожденные, так же как и зрительные ощущения вообще. Зрительное отражение пространства вырабатывается постепенно в процессе индивидуального развития, причем эта выработка носит условнорефлекторный характер. Между отдельными зрительными ощущениями от различных точек одного и того же предмета замыкается временная связь, воспроизводящая пространственное расположение данных точек на поверхности воздействующего освещенного тела. Результатом такой временной связи является поле зрения, т. е. объем *видимого*

в данный момент пространства, а также интенсивность ощущения, зависящая от площади раздражения световым потоком сетчатой оболочки глаза.

Однако глаз не является неподвижным органом. Напротив, это наиболее подвижный орган из всех рецепторных органов человеческого тела. Движения глаза являются механизмом перемещения взора, непрерывного изменения соотношения линий зрительных осей, обусловливающих *изображение предмета* на сетчатке. Движения глаза разнообразны. Они состоят из движений глазного яблока, имеющих важное значение для определения пространственных координат предмета, особенно путем перемещения линии взора по горизонтали и вертикали (высоте и ширине объекта). Во внутренней среде глазного яблока особую роль играют движения хрусталика, изменяющего кривизну своей поверхности при различных пространственных условиях видения. Движения хрусталика в виде аккомодации очень важны для определения удаления или приближения объекта при относительно устойчивой линии взора, фиксирующего пространственное положение объектов.

Глаза движутся независимо один от другого только у младенца. Наблюдая за ребенком в первые недели его жизни, легко заметить отсутствие у него содружественных движений глаз. Совместная работа глаз формируется в индивидуальном опыте ребенка и носит типичный условнорефлекторный характер. Можно сказать, что с момента образования содружественных движений глаз нормальное видение всегда осуществляется *бинокулярно*. С момента образования содружественных движений глаза взаимозависимы, а работа каждого из них составляет часть бинокулярной системы.

Зависимость состояния одного глаза от работы другого мы отмечали ранее в ряде фактов ахроматического и хроматического зрения. Об этом прямо свидетельствуют некоторые опыты в нашей лаборатории. Е. П. Мирошина-Тонконогая вырабатывала условнорефлекторное повышение остроты зрения на одном (открытом) глазе, причем условным раздражителем являлся стук метронома (определенной частоты). После выработки такого условнорефлекторного сдвига остроты зрения раздражаемого глаза проверялось состояние остроты зрения другого глаза, ранее закрытого. Оказалось, что уже без всякой тренировки условнорефлекторное повышение остроты зрения было перенесено на другой глаз, непосредственно не раздражавшийся. Опытами А. И. Зотова по изучению зрительных последовательных образов было установлено, что длительное раздражение одного глаза производит последовательный образ в обоих глазах, а не в одном, непосредственно раздражавшемся, и т. д.

Можно предполагать, что содружественные движения мышц обоих глазных яблок являются целостной двигательной реакцией, корковый механизм которой возникает в результате замыкания временных связей между возбуждениями от сетчаток обоих глаз. Этим, вероятно, объясняется более позднее формирование содружественных движений глаз сравнительно с изолированной реакцией на свет каждого отдельного глаза, как это отмечалось в отношении раннего ге-

незиса зрения у ребенка. Следовательно, в процессе воздействия на зрительные рецепторы световых лучей и освещаемых ими внешних предметов замыкаются временные связи не только между отдельными свето- и цветоощущениями, но и между группами этих ощущений, с одной стороны, движениями глаз — с другой. Однако движения глаз, как и движения вообще, неразрывно связаны с *ощущениями движений* (мышечными ощущениями, или кинестезией). Такие ощущения являются как бы мозговым анализом совершаемых глазом движений. На основе этих ощущений мозг корректирует, исправляет и уточняет регулирование движений, так как от чувствительных клеток и волокон мышц посылаются импульсы вновь в кору головного мозга.

Поэтому зрительное ощущение всегда есть известная ассоциация (связь) деятельности оптического (преломляющих сред глаз и сетчатки) и двигательного (глазных мышц) аппаратов глаз. Эта связь в конечном счете замыкается в коре головного мозга в результате постепенного накопления индивидуального опыта. Сложность данного замыкания усугубляется тем фактом, что зрительный и глазодвигательный нервы раздельны. Они раздельно проводят в кору световые и кинестетические возбуждения. Особенно следует подчеркнуть, что в кору такие возбуждения проводятся по *парным* нервам (зрительным и глазодвигательным) в *оба полушария головного мозга*. Перекрест этих нервов ниже больших полушарий вызывается тем, что *каждое* из полушарий головного мозга так или иначе обусловливает деятельность *обоих глаз*, что было показано в отношении полей зрения.

Совместная работа обоих глаз, обоих зрительных и глазодвигательных нервов, а также обоих полушарий головного мозга свидетельствует о том, что в основе зрительных ощущений лежит *сложный системный нервный механизм* и что зрительный анализатор является *двуединым*, состоящим из пар неразрывно взаимосвязанных одноименных рецепторов, нервов и мозговых концов анализатора. Известно также, что ядра и рассеянные элементы зрительного анализатора относительно симметрично расположены в обоих полушариях, регулируя деятельность обоих глаз.

Возникает вопрос, какую же биологическую роль играет двуединая, а не односторонняя (т. е. находящаяся лишь в одном полушарии) локализация мозгового конца зрительного анализатора.

Исследования павловской школы показали, что при нарушениях целости зрительного анализатора его работа возможна и в пределах одного полушария головного мозга. При поражениях одного из полушарий остается анализ *интенсивности* световых раздражителей (т. е. светоощущение) и частично сохраняется поле зрения (с выпадением лишь соответствующих частей полей зрения обоих глаз). При наличии ядра зрительного анализатора в каждом отдельном полушарии сохраняется и функция предметного зрения, т. е. отражения контуров предмета, воздействующего на глаз. Иначе говоря, одна из частей зрительного анализатора может работать самостоятельно, частично возмещая функции нарушенного полушария.

Обратимся вновь к данным об изменениях, имеющих место при рассечении путей между обоими полушариями. В единственном случае, описанном К. М. Быковым, мы имеем исключительную возможность для понимания механизмов пространственного зрения, а именно тогда, когда ни одно из полушарий само по себе не нарушалось, разрушалась лишь связь между ними. Оказалось, что в этом случае у собаки (после операционного периода) сохранилась дифференцировка силы световых раздражителей (светоощущение), дифференцировка предметов (предметное зрение, по И. П. Павлову). После уничтожения связи между обоими полушариями уже невозможен был перенос условных рефлексов с одной стороны на другую, но каждое отдельное полушарие относительно нормально продолжало выполнять зрительные функции. Здесь имеет место патологический случай раздельной и независимой деятельности двух зрительных анализаторов. Но эта двойная и раздельная работа зрительных анализаторов исключила возможность сложного пространственного различения, так как у собаки с перерезанным мозолистым телом оказалось невозможным выработать дифференцировку *расстояний*. Можно предполагать, что *двуединство* зрительного анализатора выработалось в качестве специального и совершенного приспособления именно к *пространственным условиям существования организма во внешней среде*. В этом смысле оно является *высшим* корковым приспособлением к имеющимся условиям жизни именно в связи с тем, что высшие животные организмы перемещаются по пространству в разных направлениях. Чем выше животный организм по уровню своей нервной организации, тем более широким становится для него пространство окружающего мира. Расширение диапазона ориентировки в пространстве окружающего мира перестраивает и дифференцировку пространственных признаков и отношений между предметами внешнего мира.

Ранее было показано, что ряд пространственных особенностей зрения (поле зрения, угол зрения, острота зрения) включен в любой акт хроматического или ахроматического зрения. Однако все эти пространственные особенности зрения имеют место как при одиночном, так и при совместном видении обоими глазами. При одиночном зрении, как уже отмечалось, изображение предмета обычно носит плоскостный характер, т. е. имеет два измерения (в высоту и ширину) и осуществляется при участии глазных мышц.

Что же вносит нового содружественное движение глаз, о котором говорилось раньше? Как показывают исследования, содружественное движение глаз имеет большое значение для выделения глубины пространства. Дело в том, что при фиксации обоими глазами известного объекта, находящегося вдали, позади других предметов, или при анализе *глубины пространства* самого предмета большую роль играет конвергенция, или сведение зрительных осей обоих глаз. Конвергенция имеет место при приближении объекта, при удалении его обнаруживается так называемая дивергенция, или разведение зрительных осей. Явления конвергенции и дивергенции связаны с аккомодацией. Известно, что последняя усиливается при фиксировании

близких предметов, но ослабляется при удалении предметов от наблюдателя или наблюдателя от предметов.

Несомненно, что содружественные движения глаз в форме конвергенции и дивергенции зависят от коркового взаимодействия обеих частей зрительного анализатора. Но это взаимодействие двух мозговых концов единого зрительного анализатора далеко не сводится к организации и регуляции содружественных движений глаз.

Установлено, что конвергенция является незначительной не только при расстоянии наблюдателя от объекта, приближающемся к 450 м, но и на более близком расстоянии. Еще более ограниченными в дифференцировке расстояний оказываются аккомодационные усилия, прекращающиеся при фиксации предметов на расстояниях, превышающих 2—3 м. Однако человек способен различать *глубину* (рельефность) воспринимаемых предметов и занимаемого ими пространства на расстояниях до 1300—2600 м (в зависимости от тренированности глубинного зрения).

По данным Л. Н. Гассовского и Н. А. Никольской, величина порога глубинных ощущений является очень малой (в среднем 10—12″). Малая величина порога ощущений глубины никак не может явиться объяснением изменения зрительных осей или аккомодации. Эти изменения имеют значение лишь для дифференцировки глубины фиксации предметов на небольших и средних расстояниях. Вместе с тем, как подчеркивает А. А. Ухтомский, для человеческого зрения поразительна его приспособленность именно к дальним расстояниям. При рассматривании предмета в непосредственной близости от человеческого глаза дальномерность его обнаруживается с особенной силой. Чем же она может быть объяснена, если именно для дальних расстояний уже недействительными являются факторы конвергенции и аккомодации? Традиционная физиология органов чувств, сводившая зрение к рецепторной деятельности, пыталась объяснить различение глубины аккомодацией, конвергенцией и одновременным изображением одного предмета или пространственного соотношения предметов, так называемой диспаратностью этих изображений.

Из предшествующего видно, что факторы конвергенции и аккомодации, принимающие участие в глубинных ощущениях, еще недостаточны для объяснения механизма данных ощущений. Рассмотрим, в какой мере сама диспаратность изображения на обеих сетчатках может служить исчерпывающим объяснением механизма пространственного зрения, т. е. *объемного* трехмерного изображения.

Физиология зрения учит, что при фиксации обоими глазами дальних объектов (например звезд на небе) имеют место *параллельно направленные* зрительные линии обоих глаз. Причем изображения удаленных объектов фиксируются нами в одних и тех же местах пространства, независимо от того, имеются ли эти изображения только на левом глазу, только на правом или одновременно на обоих глазах. Этот факт свидетельствует о наличии известного физиологического соответствия между определенными симметрично расположенными точками сетчаток обоих глаз, носящими название *коррес-*

пондирующих точек. Их возбуждение как раздельное, так и особенно совместное создает ощущение одного объекта при действительном действии *одного объекта* на оба глаза одновременно. Но совместное возбуждение корреспондирующих точек, определяя ощущение одного объекта (т. е. тождественность изображения двух сетчаток одному объекту), дает лишь *плоскостное изображение* его.

Наибольшее значение в этом отношении имеют одновременные изображения на центральных ямках обеих сетчаток. Корреспондирующими точками являются и все симметрично расположенные места сетчатки, расходящиеся в одном и том же направлении от центральных ямок сетчаток. Корреспондирующие точки обеих сетчаток точно соответствуют симметрично расположенным точкам пространства внешнего мира. Совокупность всех точек пространства, отражающихся в виде связей возбуждения корреспондирующих точек, называется *гороптером* (рис. 4). Точнее говоря, гороптер представляет собой «геометрическое место точек, видимых одиночно в бинокулярных условиях, т. е. дающих изображение на соответственных точках сетчаток» (А. А. Ухтомский). Любая конвергентная установка обоих глаз образует некоторое геометрическое место точек впереди глаз, т. е. проекцию в определенном внешнем пространстве.

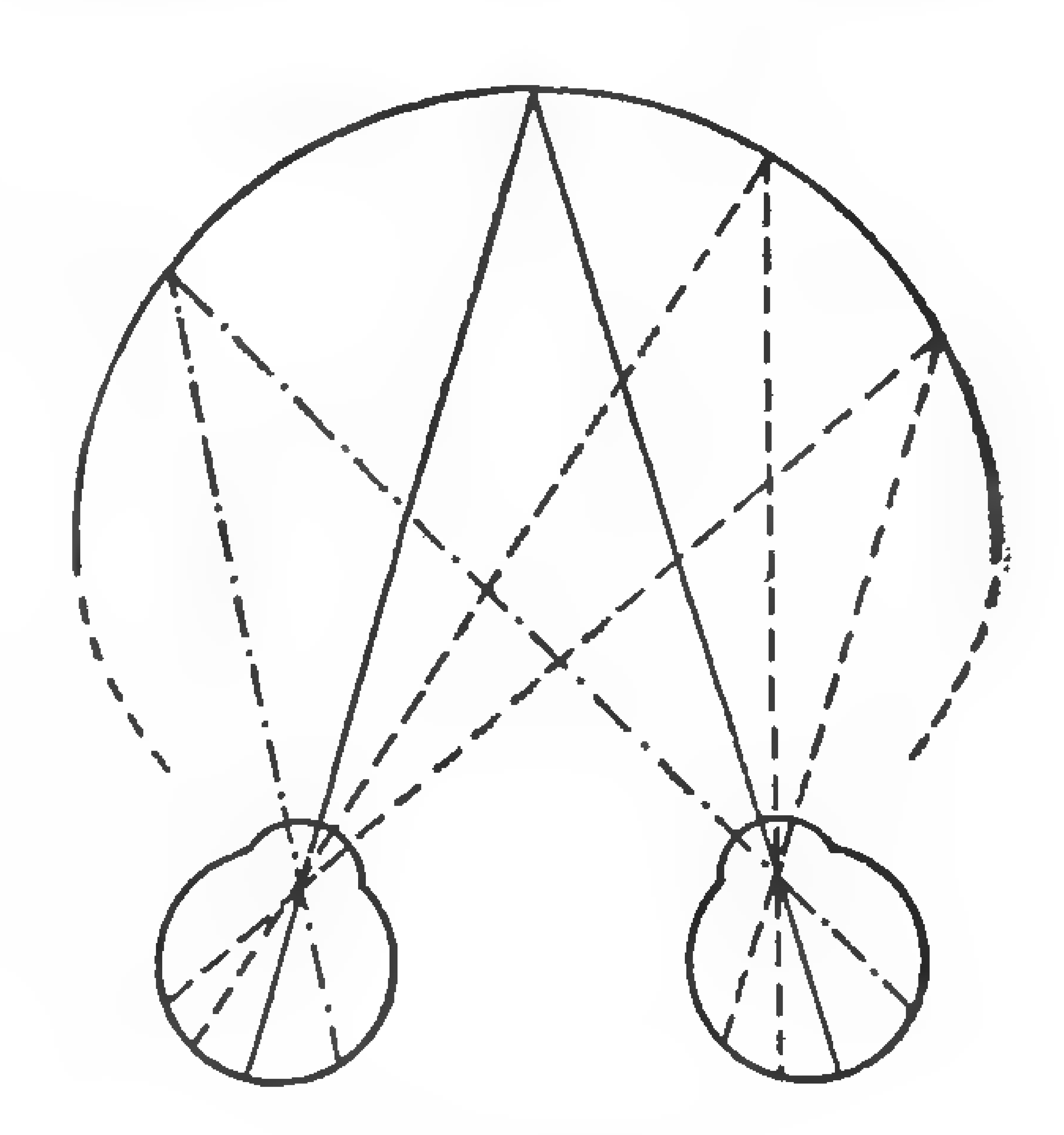


Рис. 4. Гороптер.
(По А. А. Ухтомскому).

Для разных положений глаз гороптер имеет различную форму. Образование гороптера связано со специальными оптическими рефлексами, которыми, по А. А. Ухтомскому, являются: 1) установка глаз на удержание предмета в поле наиболее ясного видения или рефлекторное подведение под входящий в глаз пучок света области центральной ямки сетчатки, 2) установка глаз на удержание предмета на корреспондирующих точках обеих сетчаток посредством рефлекторных актов конвергенции и аккомодации по отношению к фиксирующему объекту. Взаимосвязь этих рефлексов определяет гороптер.

Образование одиночного изображения одного предмета на обеих сетчатках наблюдается лишь при тождестве углов зрения обоих глаз, благодаря одновременному возбуждению корреспондирующих точек сетчаток.

Плоскостное изображение одиночного предмета при видении двумя глазами возникает при равенстве углов зрения обоих глаз.

При известных условиях два одинаковых предмета будут видеться как *одиночный* предмет, например при рассматривании двумя глазами двух плоских геометрических фигур в стереоскопе.

Периферический механизм плоскостного изображения одиночного предмета в бинокулярном зрении или даже одиночного изображения двух отдельных тождественных предметов заключен в одновременном возбуждении корреспондирующих точек сетчатки.

Плоскостное изображение предмета возникает, однако, не только при бинокулярном зрении, но и при монокулярном. При бинокулярном зрении это изображение становится более точным и ярким, но качественно не изменяется по сравнению с монокулярным зрением. Тем не менее механизм образования бинокулярного, в том числе плоскостного, изображения сложнее, ввиду возникающих оптических рефлексов на раздражение корреспондирующих точек обеих сетчаток.

Все сказанное важно для понимания бинокулярного зрения, но не объясняет нам механизма рельефного, объемного изображения посредством ощущений глубины видимого пространства. Для понимания именно этого механизма важно рассмотреть те случаи, когда раздражаются несоответственные, или диспаратные, точки обеих сетчаток.

С одновременным возбуждением диспаратных точек связаны как «двоение», препятствующее целостности даже плоскостного изображения обоими глазами одного предмета, так и глубинность пространственного различения, являющаяся самой сложной формой зрительной ориентации в пространстве.

Рассмотрим условия двоения, или так называемой диссоциации, бинокулярного зрения.

Расположим две спицы (или два карандаша) *а* и *в* на горизонтальной линии взора (от средней плоскости головы) с таким расчетом, чтобы расстояние от спицы *в* до спицы *а* было 15—20 см. При фиксации взором дальней спицы *а* мы будем видеть ближнюю спицу *в*. Однако именно дальняя спица, не фиксирующая ближний объект, начнет двоиться, причем двоение будет носить колебательный, или мерцательный, характер. При этом двойственное изображение имеет перекрестный характер, а именно левое изображение видится правым глазом, а правое — левым. В этом случае изображение от ближней спицы *в* падает на диспаратные части сетчаток (в левом глазу — влево, а в правом — вправо от центральной ямки сетчатки). Такого рода двойственные изображения носят название разноименных.

Двойственные изображения при раздражении диспаратных точек могут быть и одноименными. Они возникают в обратном случае, когда фиксируется *ближняя* точка, а двоение будет наблюдаться в отношении дальней точки.

Объясняется это тем, что раздражения, падающие на сетчатку влево от центральной ямки, мы относим к предметам, находящимся вправо от фиксируемой точки, и наоборот. Одновременное раздражение диспаратных точек в определенных случаях препятствует образованию плоскостного изображения одиночного предмета. «Двоение», или двойственное изображение, имеет не только периферический механизм в раздражении диспаратных точек обеих сетчаток.

Корковый механизм проявляется в борьбе полей зрения при бинокулярном зрении.

Если мы станем рассматривать плоские геометрические фигуры, то даже при раздражении корреспондирующих точек обеих сетчаток будет наблюдаться борьба полей зрения как попеременное *торможение* то одного, то другого образа. Борьба полей зрения будет усиливаться с увеличением контрастности объединяемых в бинокулярном поле зрения фигур.

Если одна из наблюдаемых в стереоскопе фигур более контурирована, чем другая, то более контурированная тормозит впечатление от другой, менее контурированной. Если фоны для каждой из наблюдаемых в стереоскопе фигур различны, то преобладает поле зрения той стороны, где большая контрастность между светлотой фона и фиксируемой фигурой и т. д.

Нетрудно заметить разницу между «двоением» одиночного предмета, когда мы одновременно воспринимаем два предмета, удаленных друг от друга *вглубь*, и борьбой полей зрения при одновременном видении находящихся в одинаковой плоскости объектов. В первом случае человек фиксирует один *объект*, причем видит его правильно, т. е. как один объект, а раздваивается побочный объект в поле зрения. Во втором случае (в стереоскопе) глаза фиксируют два предмета, хотя бы и подобные, а слияние не происходит вовсе или является временным состоянием, потому что кора головного мозга рефлекторно препятствует неправильному отражению, каким становится одиночное изображение двух раздельных предметов. Работа коры головного мозга проявляется в форме борьбы двух возбуждений от правого и левого глаз. Столкновение обоих процессов возбуждения порождает торможение в мозговом конце зрительного анализатора.

Как и всякое корковое торможение, торможение одного из полей относительно подвижно. Контрастные условия усиливают процесс взаимного торможения, а вместе с тем по закону положительной индукции торможение одной стороны зрительного анализатора усиливает очаг возбуждения на другой стороне зрительного анализатора. Борьба полей зрения и явление двойственности изображения возникает у нормального человека в определенных условиях, за пределами которых они не имеют места. Однако такие же явления могут возникнуть у нормального человека под влиянием алкоголя, отравления гашишем, мескалином и другими ядами. Действие этих веществ тормозит деятельность коры головного мозга и растормаживает функции ниже лежащих отделов центральной нервной системы. При общем торможении всей коры, в том числе и мозговых концов зрительного анализатора, происходит диссоциация бинокулярного зрения. Отсюда можно сделать вывод, что нормальное взаимодействие возбуждения и торможения в коре головного мозга есть необходимое условие *целостности* бинокулярного зрения, в том числе и образования единого плоскостного изображения одного предмета. Это положение подтверждается клиническими наблюдениями над людьми с поражениями коры головного мозга (при органических за-

болеваниях головного мозга). После тяжелых контузий и коммоций головного мозга часто, в тех случаях, когда раздражаются не диспаратные, а корреспондирующие точки обеих сетчаток, отмечаются явления «двоения», с одной стороны, борьба полей зрения — с другой. Из этого следует, что тем большую роль должна играть кора головного мозга в образовании *целостного*, но рельефного (а не плоскостного) изображения.

В связи с рассмотрением вопроса об объемном изображении объекта, возвратимся ко *второму случаю* раздражения диспаратных точек обеих сетчаток. В первом случае, как мы уже знаем, имеют место *двойственные* изображения (разно- и одноименные). Во втором мы обнаруживаем не только единый, целостный образ одиночного предмета, но к тому же еще и весьма совершенный, в котором отражается как высота и ширина, так и глубина, рельефность и объемность предмета.

В этом опыте происходит раздражение диспаратных точек, но несоответствие раздражаемых точек не чрезмерно, так как возникает *умеренная диспаратность изображения.* Кроме того, здесь умеренное несоответствие носит также односторонний характер, ибо в обоих глазах раздражения падают только на левые или только на правые половины обеих сетчаток.

Умеренная диспаратность раздражений обеих сетчаток сочетается с изменением конвергенции зрительных осей при переносе их с переднего плана на задний (или наоборот) видимого предмета. Представим, что перед нами куб, построенный из проволоки с таким расчетом, чтобы можно было свободно обозревать и задний план стереометрического тела. Пока мы фиксируем передний план, задний движется, при переносе конвергенции на задний план двоение станет отмечаться в отношении переднего плана. «Двоение», возникающее при переносе конвергенции с одного плана на другой, устраняется благодаря образующейся в этом процессе временной связи между ощущениями разности расстояния. Ощущение глубины возникает на основе замыкаемых временных связей между умеренным диспаратным раздражением обеих сетчаток и повторяющимся сведением зрительных осей обоих глаз (на расстоянии до 450 м от наблюдателя до фиксируемого предмета). При фиксации дальних объектов умеренная диспаратность раздражений сочетается уже не с самими конвергентными установками глаз, а с их следами, сохранившимися в условнорефлекторном механизме глубинного ощущения.

Ощущение глубины заключается в отражении *разности* расстояния между двумя объектами или между передним и задним планами одного и того же объемного тела. Ощущение глубины видимого пространства представляет собой анализ переднего и заднего планов объекта, т. е. отражение проекционных отношений видимого пространства. Будет ли предмет казаться ближе или дальше фиксируемой точки (или плана объекта) зависит от знака так называемого бинокулярного параллакса. Под бинокулярным параллаксом разумеется кажущееся перспективное смещение рассматривае-

мого объекта, вызванное изменением точки бинокулярного наблюдения.

Величина угла бинокулярного параллакса определяет относительную удаленность объектов. Но этим *размером* не исчерпываются особенности бинокулярного параллакса. Другой его особенностью является положение угла бинокулярного параллакса. При височном положении угла имеет место соответствие меньшей удаленности, при носовом положении — большей удаленности объектов.

Наименьший угол бинокулярного параллакса, образуемый разноудаленными точками, является *порогом ощущений глубины*, по которому определяется абсолютная чувствительность к отражению глубины пространства. Чем меньший угол бинокулярного параллакса может быть ощущаем, тем выше уровень чувствительности глубинного зрения.

Однако бинокулярный параллакс и определяемый им порог глубинного зрения нельзя объяснить периферически механизмами диспаратности раздражения обеих сетчаток и конвергенцией. Больше того, сами эти явления периферического порядка обусловлены корковой деятельностью, о чем свидетельствует, в частности, факт развития глубинного зрения. Л. А. Дубинская экспериментально установила, что наибольшее увеличение глубинного зрения приходится на время от 7 до 15 лет, т. е. на основные возрасты обучения в школе. Совершенствование наблюдения в процессе обучения, овладение основами геометрического знания, навыками изображения проекционных отношений в рисовании и т. д. впервые активно развивают у детей пространственное зрение. Еще И. М. Сеченовым было доказано, что пространственное зрение — *измерительное* по своему характеру. Зрительное ощущение глубины пространства неразрывно связано с *оценкой расстояния* между видимыми предметами, с количественным видением этих расстояний.

И. М. Сеченов писал: «...чтобы выучиться этой форме зрения, человек ненамеренно, не сознавая того, что он делает, пускает в ход те самые приемы, которые употребляет топограф или землемер, когда снимает на план различно удаленные от него пункты местности».[1] Вместо угломеров будут использоваться оба глаза, способные вращаться от виска к носу и обратно. При этом любой человек, подобно топографу, мерит углы между образующимися зрительными линиями при конвергенции, но только не градусами, а мышечным чувством, связанным с передвижением глаз. Точность этих чувственных измерений будет приблизительной, но она неизменно возрастает в процессе упражнения и достигает в конце концов высокого уровня.

Глубинное ощущение — основа глазомера, или глазомерной съемки на план, воспринимаемого пространственного поля. Бинокулярный параллакс есть «в сущности прием геометрический, только с употреблением менее точного глазомера, чем при съемке местности. Кто верит в непреложность результатов геометрического построения, должен будет согласиться, что и в отношении только что разо-

---

[1] И. М. Сеченов. Избр. филос. и психол. произв., М., 1947, стр. 336.

бранного вопроса глаз воспроизводит действительность приблизительно верно».[1]

Понятно поэтому, что глубинное зрение возникает позже остальных форм зрительных ощущений, на их основе, опираясь уже на сложившиеся знания о предметах и их оптических свойствах. Решающую роль в этом развитии играют знания и навыки в области геометрии, а еще ранее — изображение предмета в трех измерениях посредством рисования.

В силу *измерительного характера* глубинного зрения последнее не останавливается в своем развитии пределом школьного возраста. Сравнение данных глубинного зрения подростков и взрослых доктором Б. Г. Коробко ясно говорит о дальнейшем совершенствовании глубинного зрения.

Таблица 1

Сравнение остроты глубинного зрения у подростков и взрослых (в %) (По Б. Г. Коробко)

Испытуемые	По вертикальным объектам		По горизонтальным объектам	
	для близи	для дали	для близи	для дали
Подростки . .	90,1	87,6	83,01	80,0
Взрослые . . .	92,3	89,7	88,9	84,8

Из приведенной таблицы можно видеть, как происходит с возрастом дальнейшее уточнение функции глубинного зрения, причём в большей степени растет глубинное зрение для относительной близи, чем для значительной дали, а также несколько возрастает острота глубинного зрения в отношении вертикальных объектов, в сравнении с горизонтальными.

У взрослых острота глубинного зрения является наименее (сравнительно с детьми) постоянной величиной. У разных людей она различна, изменяясь в зависимости от рода трудовой деятельности и объективных требований к глубинному зрению. Наибольшего развития глубинное зрение достигает у моряков, летчиков, артиллеристов, т. е. людей, деятельность которых требует дальномерной точности. При работе в гражданской авиации, в области точной механики и автоматики, на автотранспорте, в сборочных операциях, текстильном производстве и т. д. также высоко специализируется острота глубинного зрения, превосходя те средние данные у взрослых, которые приводились в табл. 1.

Итак, нет сомнения в том, что глубинное зрение определяется корковыми, центральными факторами и является поэтому воспитуемым, формируемым качеством человеческого зрения.

---

[1] И. М. Сеченов. Избр. филос. и психол. произв., М., 1947, стр. 338.

Необходимо рассмотреть специально те корковые механизмы, которые определяют развитие глубинного зрения.

Морфология коры головного мозга человека свидетельствует о том, что анатомическим местом слияния возбуждений, поступающих в кору головного мозга от раздражений точек обеих сетчаток, является четвертый слой коры затылочной области, далее распадающийся на два слоя (IV*а*, IV*б*), между которыми находится слой IV*в*, так называемая геннариева полоса. Невроны этой полосы составляют связующее звено для неперекрещивающихся волокон зрительного нерва (приходящих в слой IV*а*) и перекрещивающихся волокон (приходящих в слой IV*с*). В геннариевой полосе связываются оба типа волокон, чем создается возможность корковой реакции возбуждения как от корреспондирующих, так и от диспаратных точек сетчатки.

Большое несоответствие сливаемых возбуждений (например волокон *а* и *с*) вызывает ощущение двух раздельных объектов, но умеренное несоответствие (например волокон *а* и *в*) дает коре возможность судить об относительной удаленности переднего и заднего планов частей предмета.

Указанные морфологические предпосылки говорят лишь о *возможнсcти* образования механизма глубинного зрения. Ответ на вопрос о превращении этой возможности в действительность дает лишь физиология высшей нервной деятельности. И. П. Павлов, высоко оценивая факты, добытые в отношении глубинного, или стереоскопического, зрения, имел основание утверждать, что объяснение Гельмгольцем этих фактов бессознательным умозаключением человека на основе умеренной диспаратности изображений является ненаучным, так как надо объяснить еще подобное бессознательное умозаключение.

И. П. Павлов впервые объяснил корковый механизм глубинного зрения. Слияние возбуждения от диспаратных точек оказалось лишь частью этого механизма.

Наиболее важно то, что от обоих глаз поступают (в силу диспаратности раздражения) возбуждения неодинакового характера (по частоте нервных импульсов, силе раздражений, скорости проведения и т. д.). Поэтому в этом случае имеет место не простая суммация возбуждений, а столкновение обоих возбуждений в затылочной области больших полушарий головного мозга. В коре возникает определенная *разность* возбуждений обоих полушарий головного мозга, а следовательно, и разное взаимоотношение между возбуждением и торможением этих областей. Следствием является динамическое равновесие между обоими процессами в зрительном анализаторе, выражающееся в борьбе полей зрения, в непрерывных переходах от двоения к глубинному ощущению и обратно и т. д.

Теперь понятно, что собака с рассеченным мозолистым телом не дифференцирует расстояний, так как при этом разрушается механизм передачи возбуждений и торможений из одного полушария в другое, а следовательно, и не возникает необходимой для глубинно-

го зрения разности возбуждения и торможения одного из полей зрения.

В отличие от господствующего направления в физиологической оптике, объясняющего глубинное зрение лишь периферическими причинами, А. А. Ухтомский считал факты глубинного зрения «типичными условно-рефлекторными реакциями». При этом в объяснении природы ощущения и восприятия вообще А. А. Ухтомский основывался на рефлекторной теории Сеченова—Павлова.

И. М. Сеченов считал зрительное ощущение глубины «рефлексом головного мозга», возникающим из многократно повторяющейся *связи* между собственно зрительными показаниями глаза и движениями глаз. В основе глубинного зрения лежит, по И. М. Сеченову, зрительно-моторная ассоциация. Для образования мозговой ассоциации между реакциями оптического и моторного характера есть более общее физиологическое условие, действующее с раннего детства и специфическое только для *человека*. Этим условием является устанавливаемая прочная связь между ощущением рукой контура и объема (переднего и заднего плана особенно) предметов внешнего мира и перемещением *вслед за движениями ощупывающей руки движений самих глаз*. С раннего детства замыкается *прочная связь* между движениями рук и глаз, на основе которой ребенок учится *пространственно видеть*. Затем уже и без движений ощупывающих рук ребенок учится связывать зрительные ощущения и движения самих глаз.

И. М. Сеченов предвосхитил открытие условнорефлекторного механизма глубинного зрения. В дополнение к этой блестящей идее И. М. Сеченова можно сказать, что помимо движений ощупывающей руки исключительную роль в первоначальном формировании глубинного зрения играет перемещение самих движущихся предметов в поле зрения ребенка. Реакция на движущиеся предметы выражается в перемещении линии взора и способствует формированию способности к сведению зрительных осей обоих глаз (т. е. конвергенции).

В глубинном ощущении обнаруживается типичное проявление замыкающихся временных связей между осязательными, зрительными и моторными ощущениями. Следовательно, глубинное ощущение в своей основе имеет *синтез* ряда ощущений, обеспечивающий возможность *анализа* расстояний, объемности и рельефности видимых тел.

Вот почему А. А. Ухтомский пишет: «...мы имеем в этих случаях типичные условно-рефлекторные реакции, в которых дело начинается с увязки еще в раннем детском опыте осязательного ознакомления с фигурой, со зрительными образами той же фигуры в перспективах и проекциях; следующий подготовительный этап — сопоставление монокулярных образов от фигуры с бинокулярными образами от нее, при новообразовании все новых и новых увязок между оптическими и проприоцептивными (мышечными, — *Б. А.*) рецепциями, при конвергенциях зрительных осей, наконец, условно-рефлекторное вызывание знакомых оптических образов, хотя бы и в плоском вос-

произведении, выработанных ранее конвергенционных исследований с соответствующими проприоцепциями, доводящими до воспроизведения по плоскому рисунку соответствующей стереометрически-телесной реальности».[1]

Следовательно, длительный путь развития временных связей необходим для того, чтобы от осязательно-зрительно-двигательного отражения глубины пространства человек мог перейти к собственно зрительному распознаванию расстояния между предметами в поле зрения. Затем возможно на этой условнорефлекторной основе *воспроизведение* третьего измерения даже при восприятии плоскостного изображения в стереометрии или в особенности при восприятии изображенной на картинах перспективы. Пространственное зрение, имея в своей основе глубинные ощущения, ими не ограничивается. Исключительную роль в пространственном зрении играет связь, устанавливаемая между всеми тремя измерениями пространства (высотой, шириной, глубиной), которая определяет пороги пространственного видения. В психологии установлены следующие три основных порога пространственного видения: 1) видение на расстоянии нерасчлененного пятна, контуры которого расплывчаты и сливаются с окружающим фоном (порог нерасчлененного видения), 2) расчлененное видение на расстоянии промежутка между двумя объектами и вычленение контура предмета относительно окружающего фона (порог расчлененного видения), 3) узнавание предмета, т. е. определение его качества, назначения, сходства и различия с известными по опыту другими предметами.

В процессе наблюдения за видимыми предметами в пространстве один порог сменяется другим. Таким образом, наблюдая, человек все глубже и точнее познает предметы в их пространственных соотношениях. Смена порогов пространственного видения в процессе наблюдения свидетельствует о переходе от ощущений к восприятиям в *едином* процессе, о постепенном усложнении и уточнении процесса чувственного отражения действительности. Для анализа зрительных ощущений особенное значение имеют характер и скорость *перехода от нерасчлененного к расчлененному видению предметов.* В пределах данного перехода происходят многообразные и сложные изменения зрительных образов. К ним относятся, как показала М. Д. Александрова в нашей лаборатории, изменения соотношений между пространственными координатами вычленяемого из окружающего пространства предмета. Человек не сразу, не мгновенно видит предмет или его изображение в целом, а постепенно образует этот целостный образ видимого предмета. Вычленение верха и низа, правой и левой сторон, отдельных частей происходит неравномерно. В каждом случае человек заново устанавливает связи между данными сторонами и пространственными координатами предмета в его отношении к фону и самому наблюдателю.

В динамике зрительных ощущений в процессе пространственного зрения отражается координатная система предмета и его простран-

---

[1] А. А. Ухтомский. Собр. соч., т. IV, Л., 1945, стр. 180.

ственных связей. Изменение зрительных ощущений в процессе перехода от одного порога к другому зависит от угла зрения. С увеличением угла зрения ускоряется процесс адекватного (соответствующего, правильного) отражения предмета.

Психология обязана И. М. Сеченову тем, что он впервые с материалистических позиций объяснил процесс пространственного видения. В отличие от идеалистов—физиологов и психологов, исходивших из того, что пространство есть будто бы категория сознания, которая привносится во внешний мир, организуя «хаос» явлений, И. М. Сеченов доказал, что пространство не измышляется человеческой головой, не конструируется сознанием, а объективно существует, отражаясь в сознании параллельно зрением и осязанием.

Положение И. М. Сеченова согласуется с диалектико-материалистическим пониманием пространства как формы существования объективной реальности, т. е. материи.

И. М. Сеченов правильно считал, что отражение предметов неразрывно связано с отражением их пространственных признаков и отношений, а пространственные отношения не существуют вне материальных тел, которые относятся друг к другу в виде системы пространственных координат. Поэтому он утверждал, что любое восприятие *предмета* как совокупности зрительных ощущений есть элемент пространственного видения. Исходным моментом отражения предмета является, по словам И. М. Сеченова, *контур* предмета, т. е. отделенность по известным граням от окружающего фона. И. М. Сеченов называл контур «раздельной гранью двух реальностей», имея в виду, что контур характеризует не только данный предмет, но и его пространственное отношение к другим предметам. Форма предмета (особенно, соразмерность или несоразмерность составляющих его частей, симметричность или несимметричность их расположения), величина предмета, положение в пространстве (по отношению к вертикальной и горизонтальной плоскостям), соотношение в предмете переднего и заднего планов, вообще всех трех измерений пространства и т. д. неразрывно связаны с телесностью самого предмета (качеством поверхности, строением, формами вещества, весом, формой движения и т. д.).

Из этого следует, что пространственное зрение есть отражение не только пространственных отношений между предметами, но и пространственных признаков *самого предмета*. В этом смысле единство пространственного зрения со всеми формами зрительных ощущений — необходимое условие правильного чувственного отражения действительности.

Как было показано ранее, смена порогов пространственного видения выявляет постоянное приближение процесса отражения к действительности. Эта смена, однако, тоже имеет свои объективные условия, одним из которых является изменение угла зрения, влияющего на динамику пространственного видения. Для того чтобы человек мог иначе и лучше определить контуры предметов, расстояние между ними и т. д., необходимо *движение* тел в пространстве. Это движение имеет место или в виде перемещения наблюдаемого объекта

(например удаление или приближение), или в виде перемещения самого наблюдателя с целью выбора наиболее удобной позиции наблюдения, или одновременного движения фиксируемого объекта и наблюдателя.

С фактором *движения* тел в пространстве, в пространственном видении явственно выступает и фактор *времени,* так как *прохождение пути в пространстве* осуществляется в единицах времени. Особенно большое значение в пространственном видении летчиков, моряков и других имеет, как подчеркивает доктор Б. Г. Коробко, именно фактор времени, ввиду потребности срочно соотносить необходимое действие (управление самолетом, кораблем, прицелом орудия и т. д.) к установленному зрением пространственному положению объектов. Важность подобной *срочности* условнорефлекторных реакций во время ориентировки в пространстве подчеркивал А. А. Ухтомский.

Как можно заключить, в пространственном видении взаимно переплетаются *плоскостное и объемное* (глубинное) изображения предметов и их пространственных соотношений. Благодаря сложившимся механизмам плоскостных изображений становится возможным образование при определенных условиях (бинокулярном параллаксе) объемного изображения. Знания, полученные путем объемного изображения, переносятся далее (путем обобщения временных связей) на плоскостное изображение тех же или сходных предметов.

Нельзя не отметить особую важность *направления* пространственного видения для плоскостных и объемных изображений. Направление определяется как местом его изображения на сетчатке (в поле зрения), так и положениями тела, головы и глаз человека по отношению к окружающим нас предметам внешнего мира.

Для человека характерно вертикальное положение тела (при ходьбе, работе, стоя и сидя) по отношению к горизонтальной плоскости Земли. Это положение, созданное общественно-трудовой природой человека, является исходным для определения направления, в котором человек распознает окружающие предметы.

Характерно, что на пороге расчлененного видения человек прежде всего вычленяет в контуре *верх* фигуры, от которой дифференцирует вначале ее правую сторону, а затем основание. Но так происходит не только в образовании плоскостного изображения. В процессе образования рельефного, объемного изображения имеет большое значение острота глубинного зрения для близи и дали по вертикали, а не горизонтали. В связи с этим понятно, какую важную роль в пространственном видении играют кинестетические ощущения движений глаз, ощупывающих рук и всего тела (ощущение равновесия, или положения тела, так называемое статическое ощущение). Роль этих ощущений в пространственной ориентировке впервые была установлена крупным русским ученым В. М. Бехтеревым. В дальнейшем А. А. Ухтомский показал, как образуются временные связи между общим положением тела по отношению к горизонтальной плоскости и установками самих глаз при фиксации объекта в пространстве.

В нашей лаборатории получены интересные данные, подтверждающие положение об исходной роли вертикального положения для определения направления в пространственной ориентации. Специальное наблюдение Н. И. Голубевой над развитием пространственной ориентации у ребенка на первом году жизни показало, что резкое разделение функций между правой и левой руками связано с постепенным переходом ребенка от лежачего (горизонтального) положения к вертикальному (первоначально при положении сидя и стоя, а затем при ходьбе). С этого момента ребенок начинает быстро и точно ориентироваться в пространстве и владеть установками не только рук, но и глаз.

Еще более показательны ранее изложенные данные Р. А. Вороновой, полученные методом условных рефлексов при изучении детей с поражением опорно-двигательного аппарата. Напомним, что объектом изучения были дети 10—12 лет, до лечения лишенные способности свободно передвигаться из-за этих поражений, лежавшие продолжительное время в постели и крайне ограниченные в практическом овладении окружающим пространством. У таких детей вырабатывался условно-сосудистый рефлекс, причем условным раздражителем являлось пространственное положение сигнала. Оказалось, что эти дети легче дифференцируют *качество* сигналов (например белый и красный цвет), чем *пространственное* положение сигнала одного и того же цвета.

Дифференцировка пространственного положения сигналов давалась им нелегко, очевидно, в силу ограничения практической ориентации в пространстве. Для человека, развивающегося нормально, практически овладевающего пространством в процессе ничем не ограниченного передвижения, развитие идет от вертикального направления видения к горизонтальному. У детей с поражениями опорно-двигательного аппарата и поэтому ограниченным практическим опытом по овладению пространством развитие видения идет в обратном направлении: от горизонтального к вертикальному. Итак, на развитие пространственного зрения влияют не только обучение и измерительная практика, не только взаимодействие зрения и деятельности, но и пространственное положение самого человеческого тела в окружающем его мире.

С. И. Вавилов образно назвал человеческий глаз «солнечным» в том смысле, что он создан приспособлением организмов к жизненным для них солнечным лучам, что он является тончайшим анализатором световой энергии Солнца. Мы можем добавить, что анализ функций пространственного зрения позволяет понять «земную» природу зрения, исключительную приспособленность зрительного анализатора к пространственным условиям жизни на Земле.

Приспособление к пространственным условиям существования сыграло особую роль в образовании двуединства зрительного анализатора, обусловливающего совместную, парную работу обоих глаз и обеих пар зрительных и глазодвигательных нервов.

Совместная деятельность обоих глаз, так называемое бинокулярное зрение, повышает чувствительность ахроматического и хромати-

ческого зрения, расширяет поле зрения сравнительно с монокулярным, повышает остроту зрения и т. д. Особенно велика роль бинокулярного зрения, как мы видели, в стереоскопическом, или глубинном, пространственном, зрении.

Все приведенные факты свидетельствуют о том, что биологическая необходимость привела к совершенствованию именно этой, бинокулярной, формы зрения, более точно и более срочно отражающей оптические и пространственные свойства и отношения внешнего мира.

Возникает вопрос: в каком отношении к этому *двуединству* зрительного анализатора находится монокулярное зрение? Не менее важным является и другой вопрос: возможна ли самостоятельная деятельность одного зрительного рецептора (у людей, потерявших один глаз), особенно в глубинном пространственном зрении.

Данные вопросы подвергались в науке экспериментальным исследованиям. Было показано, что возможно глубинное ощущение и одним глазом, хотя оно не является таким точным, как бинокулярное зрение. Некоторыми доказывалось, напротив, что монокулярное ощущение глубины невозможно. Расхождение в экспериментальных данных и выводах заставило нас специально выяснить, при каких условиях монокулярные глубинные ощущения возможны, а при каких они действительно невозможны. Опыты В. А. Мацановой в нашей лаборатории показали, что ответ на этот вопрос связан с выяснением того, какой глаз является у данного человека ведущим, т. е. преобладающим в совместной работе обоих глаз. Значит, теория абсолютной бинокулярности глубинных ощущений неправильна не вообще, а лишь относительно ведущего глаза. Теория монокулярности глубинных ощущений справедлива частично, лишь постольку, поскольку речь идет о ведущем глазе.

Работы проф. Г. А. Литинского заложили прочную основу для исследования ведущего глаза и его роли в пространственном различении. Этот исследователь экспериментально установил, что имеется закономерно проявляющееся функциональное неравенство глаз, причем у большинства людей ведущим является правый глаз. Чрезвычайно редко, по данным Г. А. Литинского, полное равенство обоих глаз (функциональная симметрия монокулярного зрения).

Г. А. Литинский установил также, что преобладание одного глаза над другим не обязательно связано с большей остротой зрения ведущего глаза и объяснил факт более частого преобладания правого глаза над левым тем, что зрение неразрывно связано с работой рук, что зрительно-моторная координация правой руки со зрением определяет ведущее значение правого глаза. Это особенно должно быть подчеркнуто, потому что прицельная способность глаза неотделима от действия прицеливания (при стрельбе, глазомерной съемке и т. д.).

Данные Г. А. Литинского были проверены нами. Все его выводы подтвердились опытами по другой методике, за исключением вывода о зависимости ведущего глаза от ведущей руки. В большинстве случаев такой непосредственной связи не было установлено; напротив, имели место противоречивые сочетания ведущего правого глаза

с двигательным левшеством, левого глаза с двигательным правшеством. Но отдельные факты в других областях теории зрения, показавшие пространственную динамику зрительных ощущений в зависимости от изменения угла зрения, натолкнули нас на мысль выяснить, изменяется ли ведущий глаз у одного и того же человека при различных углах зрения.

В опытах Е. М. Горячевой в нашей лаборатории было установлено, что у одного и того же человека знак ведущего глаза при прицеливании изменяется. На одних расстояниях расхождения между обоими глазами то усиливаются, то ослабляются. В некоторых случаях при уменьшении угла зрения правый глаз превращается из неведущего в ведущий и наоборот (так же и для левого глаза).

В этом факте легко убедиться каждому на следующем простом опыте. Попробуем фиксировать какую-либо точку на расстоянии 3—5 м. Для того чтобы установить границу фиксации взора, будем держать между глазами (по средней линии носа) карандаш или палец. Вначале будем фиксировать эту точку бинокулярно, а затем монокулярно, попеременно смотря то правым глазом (при закрытом левом), то левым глазом (при закрытом правом). В большинстве случаев у людей при такой монокулярной фиксации обнаружится следующее: карандаш (или палец) будет в одном случае точно накладываться на объект, в другом — отходить в *сторону* на известное расстояние. В первом случае монокулярная фиксация совпадала с бинокулярной, во втором — отклонялась от нее. По совпадению монокулярного показания с бинокулярным можно судить о том, что данный глаз является *ведущим.*

Далее будет показано, что преобладание одного из глаз в процессе бинокулярного зрительного восприятия является *временным*, возникающим в силу коркового торможения другого глаза. Это преобладание может стать устойчивым, если временная связь зрительных ощущений закрепляется практическими действиями, становится прочной. Так бывает со стрелком, который учится прицеливанию, закрыв левый глаз, а затем прицеливается двумя глазами, с натуралистами, работающими монокулярно правым глазом с окуляром микроскопа при закрытом другом глазе и т. д.

А. А. Ухтомский показал, что в данных случаях бинокулярного прицеливания или монокулярной работы микроскописта при открытом втором глазе, на который падают другие световые раздражения, все равно сохраняется функциональное неравенство обоих глаз, причем возбуждение одного глаза сопровождается торможением другого, но это не значит, что подобные световые раздражения другого, неведущего, глаза не имеют значения. А. А. Ухтомский установил, что в таких случаях слабое возбуждение заторможенного глаза (неведущего в данной работе) усиливает основные возбуждения ведущего в данной деятельности глаза.

В центральной, корковой, обусловленности подвижного функционального неравенства глаз А. А. Ухтомский справедливо увидел подтверждение принципа доминанты в нервной деятельности. Учение о доминанте позволяет понять изменяющийся характер взаимодей-

ствия между обоими глазами, условие временного превращения одного из глаз в ведущий.

Физиологическая оптика считала механизм монокулярного зрения значительно более простым и ясным, нежели механизм бинокулярного зрения. Такое *ошибочное* представление возникло в связи с тем, что физиологическая оптика ранее ограничивалась изучением оптических и мышечных функций глаза, не придавая особого значения нервным процессам в мозговом конце зрительного анализатора. Между тем не только для бинокулярного, но и для монокулярного зрения работа мозгового конца зрительного анализатора имеет определяющее значение.

Можно предположить, что взаимодействие обоих полушарий головного мозга определяет не только бинокулярное, но и монокулярное зрение. Именно поэтому возможна высокая замещаемость функций отсутствующего глаза у одноглазых деятельностью сохранного глаза (в том числе и глубинных ощущений). В силу этого же для развития и упражнения каждого из глаз имеет определяющее значение взаимодействие обоих полушарий, которое возрастает по мере усложнения задач, стоящих перед зрением. В наибольшей степени оно сказывается в труднейшей и сложнейшей для человека задаче зрительного анализа пространственных признаков предметов и пространственных отношений между ними.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

СЛУХОВОЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗЛИЧЕНИЕ

Слуховые ощущения представляют собой отражение звуковых волн различной частоты колебаний (высота звука), амплитуды колебаний (сила звука), формы звуковой волны (тембр звука). Все явления слуховых ощущений связаны с особенностями звуковых волн, возникающих вследствие колебаний источника звука в упругой среде. Колебания вызывают так называемое возмущение упругой среды, которое распространяется в зависимости от ее природы. Область пространства, в которой происходит данный процесс, называется звуковым полем. Звуковая волна зависит от однородности или неоднородности материальной массы тела и среды, т. е. от характера ее молекулярного состава, а следовательно, от плотности и упругости движущихся материальных масс.

Человек ощущает, т. е. адекватно отражает, частоту колебаний волн от 16—20 до 20 000—22 000. Диапазон различения звуковых волн значительно больше. чем световых. В этом обстоятельстве заложена одна из причин исключительно сигнального значения звуков для эволюции приспособления животных организмов к среде.

В поступательном движении воздушной звуковой волны отдельные частицы воздуха совершают полные колебательные движения, передающиеся от одной частицы звуковой волны к другой. Звуковые волны распространяются (расширяются) сфероидально, поэтому звук можно слышать со всех сторон (сверху, снизу, спереди, сзади, справа и слева). Такая форма распространения звука делает его одним из наиболее сильных внешних воздействий на животный организм. И. П. Павлов доказал, что звук принадлежит к числу сильнейших, хотя и кратковременно действующих безусловных раздражителей, а именно раздражителей безусловного ориентировочного двигательного рефлекса, вызывающего специфическую реакцию поворота головы, перемещения тела и т. д.

Звуковые волны по мере движения в пространстве теряют в интенсивности, так как импульс, вызвавший звуковую волну, обладает определенным запасом энергии, погашаемым сопротивлением среды, в которой он действует. Чем меньше расстояние между источником

звука и органом слуха, тем с большей амплитудой колебаний воздушные частицы воздействуют на слуховой аппарат (тем сильнее ощущение звука). Посредством слухового анализа продолжительности звуковых воздействий происходит дробление отдельных фаз звука то нарастающего, то снижающегося по силе, то изменяющего периоды или формы колебаний.

Отражаемые слухом качества звука становятся сигналами временных признаков и отношений воздействующих на сложный организм животного и человека звучащих тел и упругой среды распространения звука. Звук не существует без тела — источника звука и вибрации окружающей среды. Поэтому звук для животного организма и человека есть признак определенных предметов внешнего мира и конкретных свойств звукопроводной среды, т. е. является сигналом того или иного явления предметной действительности.

Наконец, нельзя не отметить, что звучащее тело занимает определенное место в материальном пространстве, а распространение звука в разных направлениях носит пространственный характер. Слуховые ощущения производят также анализ пространственного положения источника звука и направления движения звуковой волны. По ощущаемому звуку человек судит о его направлении и местоположении звучащего тела.

Подобно тому как свет, освещая предметы внешнего мира, превращает их в сигналы для жизнедеятельности животных и человека, звук обнаруживает для организма на известных расстояниях от него существование определенных предметов и явлений внешнего мира. Этим предметным и временно-пространственным характером звука и объясняется его биологическая роль. Первоначально она заключается в том, что звук вызывает безусловный ориентировочный рефлекс животного в виде закономерно повторяющегося движения—поворота тела к источнику звука, как это отмечал И. П. Павлов.

Развитие слуха у человека определялось условнорефлекторными механизмами замыкания связей между звуковыми свойствами вещей и явлений и основными функциями его жизнедеятельности как общественного существа.

Человеческий слух характеризуется сравнительно большим диапазоном различения частот колебаний звуковых волн. Слышимые человеком звуки занимают фундаментальное место в звуковом спектре.

Физиологическая акустика и морфология разносторонне изучили функции и строение слухового рецептора в целом, объясняя и генезис приспособления этого чувствующего аппарата к звуковым волнам. Менее изучена роль слуховых нервов и мозгового конца звукового анализатора в образовании всех слуховых функций, особенно пространственного слуха, что, вероятно, связано с парностью слуховых рецепторов и больших полушарий. Известно, что слуховой рецептор — парный орган. Подобно зрительному рецептору мы имеем симметрично расположенные два уха.

Слуховой, или слухостатический, нерв идет вместе с лицевым нервом по внутреннему слуховому каналу височной кости, на дне

которой делится на нерв улитки (кохлеарный нерв) и нерв преддверья. Первый из них представляет собой собственно слуховую часть нерва, второй связан со статическими ощущениями (ощущениями равновесия). Каждая из этих частей нерва имеет особые ядра, расположенные в продолговатом мозгу. Нервные волокна, идущие от обоих ушей, в области среднего мозга разделяются и идут как к правому, так и к левому полушарию головного мозга. Таким образом, каждое ухо связано посредством перекреста и разветвления в среднем мозгу с каждым из полушарий головного мозга. Тем самым в определенной (височной) области обоих полушарий создаются соседние участки возбуждений, из которых одни возбуждаются правым ухом, другие — левым. В случае поражения одного из нервов или мозговых центров другое ухо продолжает слышать, так как сохранен другой нерв и его окончания в обоих полушариях (рис. 5).

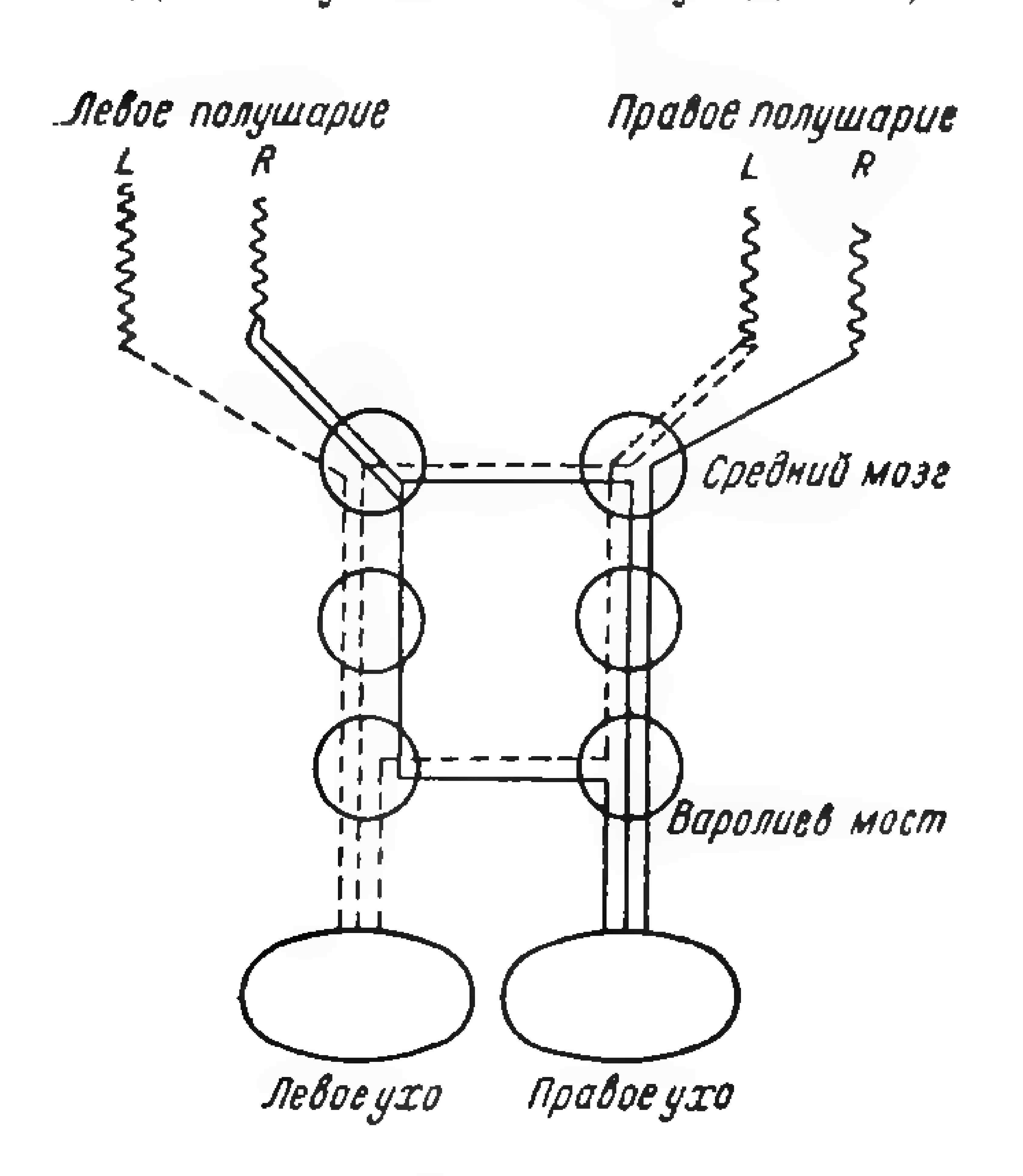


Рис. 5. Схема слуховых путей.
(По С. Н. Ржевкину).

Слуховой нерв содержит около 3000 нервных волокон, на которые приходится около 23 500 нервных окончаний в основной мембране. Таким образом, передача нервного возбуждения происходит от групп нервных окончаний основной мембраны к отдельным волокнам слухового нерва. Каждое волокно состоит из осевого цилиндра, окруженного жировым веществом.

При передаче возбуждения в слуховом нерве имеет место электрический колебательный процесс, совпадающий с частотой звука (но с несколько неустойчивой амплитудой). При частотах ниже 1000 герц происходит возбуждение многих нервных волокон; в результате возникает суммарный нервный импульс, имеющий частоту воздействующего тона, но совершенно иной формы. Нервный импульс возникает одновременно с уменьшением давления в улитке.

Отмечено также воспроизведение токами действия слухового нерва амплитуды колебаний звуковой волны, но до известной величины силы раздражения, после чего в нерве возникают явления торможения. Найдено, что *предельная частота,* выше которой токи действия отдельных нервных волокон не могут одновременно следовать за звуковой волной, равна частоте в 1000 герц. Для более высоких частот звука характерно несовпадение числа колебаний токов действия с числом колебаний звуковой волны, т. е. токи действия слухового нерва становятся беспорядочными и неодновременными со

звуковыми колебаниями. В пределах данной зоны и отмечается наибольшая чувствительность человека к высоте тона, особенно в области звуков речи.

В этой зоне (1000 герц) наблюдается и большая тонкость различения человеком интенсивности звука (около 400 степеней определения силы звука при 1000 колебаний в секунду). Все сказанное свидетельствует о том, что слуховые нервы проводят возбуждение, соответствующее природе звуковых колебаний, их частоте, силе и длительности. Однако это возбуждение регулируется состоянием больших полушарий головного мозга, усиливающими одни возбуждения и тормозящими другие в зависимости от биологической необходимости той или иной реакции.

Взаимодействие возбуждения и торможения в мозговых концах слухового анализатора превращает неощущаемый звук в ощущаемый, т. е. осуществляет полностью и точно высший анализ и синтез поступающей в мозг звуковой массы.

Точные исследования в лабораториях И. П. Павлова позволили установить, что за исключением «общей звуковой функции (безусловно-двигательного рефлекса на звук) весь остальной объем звуковой функции должен быть отнесен на счет больших полушарий».[1] Что касается общей звуковой функции, то у собаки она сохранялась и после полного удаления больших полушарий. О наличии ее можно было судить по специфическим двигательным реакциям (поднимание ушей и поворот головы).

Таким образом, при сохранных слуховых рецепторах и нервах возбуждение от звуковой волны проводилось в нижележащие отделы центральной нервной системы (вероятно, средний мозг), где возникал очаг возбуждения безусловного ориентировочного рефлекса на звук. Условные же рефлексы на звуки и дифференцировка их оказывались при данном положении невозможными.

Иначе обстоит дело при частичном повреждении коры больших полушарий, хотя бы оно и затрагивало непосредственно так называемые слуховые центры. Именно в связи с этим И. П. Павлов применил и к слуховому анализатору свою теорию ядра и рассеянных элементов мозгового конца анализатора.

До И. П. Павлова «слуховыми центрами» считались лишь височные области коры головного мозга, куда непосредственно входят слуховые нервы (на наружной поверхности височной области, главным образом в верхней височной извилине и в передней части поперечной). Предполагалось, что слуховая область коры, являющаяся проекцией улитки, расчленена в своих функциях, а именно, что внутренние поперечные извилины воспринимают высокие тоны, а наружные — низкие. За пределами данной *слуховой зоны* коры головного мозга отрицалась возможность какого-либо мозгового анализа звуковых раздражителей.

---

[1] И. П. Павлов. Лекции о работе больших полушарий головного мозга. Соч., т. IV, стр. 347.

Опыты И. П. Павлова и его сотрудников по изучению условных рефлексов при нарушениях работы звукового анализатора полностью преобразовали представления о мозговых механизмах слуховых ощущений. Оказалось, что после разрушения височных областей обоих полушарий у собак вначале полностью исчезали ранее выработанные условные рефлексы на звуки, а затем постепенно образовывались новые (при разрушенных височных областях!).

Процесс постепенного восстановления реактивности коры головного мозга к звукам проходил две фазы: на первой фазе (спустя 12 дней после операции) звук действовал в качестве условного тормозного раздражителя, а на второй образовывались положительные условные рефлексы на воздействующие звуки. При этом анализ звуков (по сравнению с дооперационным периодом) очень понизился. Постепенное возвращение способности к анализу характеризовалось большой медленностью отделения тонов от шумов и ударов, но самое дифференцирование тонов (по высоте) оставалось крайне несовершенным. Однако в опытах доктора Б. П. Бабкина прежняя (дооперационная) дифференцировка тонов через постепенные этапы вернулась спустя два месяца после операции.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что известный анализ осуществляется и вне височных областей коры головного мозга, т. е. рассеянными элементами этого анализатора в гораздо бо́льшем районе полушарий, «может быть, даже во всей массе их» (И. П. Павлов). Вместе с тем оказалось, что разрушение височных долей делает необратимым процесс образования временных связей условных рефлексов на комплексные звуковые раздражители (например на кличку собаки, аккорды различных интервалов). Отдельные тоны, причем как высокие, так и низкие, входящие в комплексные звуковые раздражители, могли входить в связь с пищевым безусловным рефлексом после ряда повторений. Следовательно, при нарушениях височных долей разрушается навсегда реактивность на *отношение* частот колебаний, которое предполагает как высший анализ, так и *синтез* поступающих в кору звуков. Подобный высший анализ и синтез звуковых раздражителей осуществляется лишь *ядром* слухового анализатора. Так называемая «психическая глухота» возникает при поражении ядра слухового анализатора, но возмещается в отношении элементарного анализа и дифференцировки посредством функций рассеянных элементов слухового анализатора.

При одностороннем поражении (одного из ядер) какого-либо полушария наступает лишь понижение слуха, вследствие указанного выше частичного перекреста слуховых нервов, при двустороннем поражении височных областей обоих полушарий — полная глухота на сложные комплексные звуковые раздражители, но с постепенным восстановлением условных рефлексов на отдельные интенсивности и тоны звуков (благодаря рассеянным элементам слухового анализатора).

Напомним, что К. М. Быковым в лабораториях И. П. Павлова было обнаружено одно важное нарушение слуха при полной сохранности слуховых центров (височных областей). Им установлено, что

после рассечения мозолистого тела собаки исчезает не только дифференцировка расстояния *видимых* предметов, но и определение *местоположения* источника звука.

Несомненно, что пространственная локализация звука имеет своим механизмом парную работу больших полушарий, т. е. нормальное распространение возбуждения из одного полушария в другое, а в связи с этим — возникновение необходимых для тонкой слуховой дифференцировки предмета и его местонахождения функций внутреннего торможения, а вместе с тем и взаимной индукции нервных процессов. Слуховой анализатор двуединый, т. е. осуществляет высший анализ и синтез звуков как каждым полушарием в отдельности (по отношению к обоим слуховым рецепторам), так и совместно обоими полушариями. Если относительно самостоятельная работа полушария возможна при привычных условиях в отношении силы, высоты и формы колебаний звуков, то она становится невозможной при изменении условий, при возрастании трудностей различения, а особенно при дифференцировке местоположения источников звука. В данных условиях для решения этих задач жизненно необходима активная совместная работа обоих полушарий головного мозга.

Слуховой аппарат является не только анализатором звуковой волны, но и анализатором времени. Новейшие научные данные показывают, что звуковой анализатор выполняет важную роль в пространственной ориентировке.

Интересно отметить, что пространственно-слуховое различение стало предметом научного изучения позже всех остальных функций слухового анализатора. Между тем пространственно-слуховое различение имеет исключительное жизненное значение. Само развитие слуха стало необходимым в силу важности для организма сигналов, действующих *на расстоянии* и предупреждающих организм об опасности или наличии в окружающей среде *невидимых* в данный момент предметов и веществ, нужных для пищевого обмена организма со средой.

Невидимыми являются эти объекты не только ночью (для животных с хроматическим зрением), но и во многих условиях пространства, обозрение которых невозможно или затруднительно и днем (например в лесистых или гористых местностях). Поскольку звук всегда есть то или иное акустическое свойство предмета и его среды, постольку он становится для высших позвоночных животных важнейшим *сигналом предмета*.

С возникновением и развитием звукового языка как основного средства общения между людьми звуки речи и *слова* становятся сигналами сигналов для человека и также воспринимаются на расстоянии.

Сложные животные организмы, обладающие высшей нервной деятельностью, и человек ориентируются в пространстве внешнего мира не только по местоположению, форме, величине и другим пространственным признакам и отношениям *видимых* предметов внешней среды, но и по местоположению *невидимого* предмета, являю-

щегося источником звука, и по *направлению* движения звуковой волны в определенной среде.

В формировании общих механизмов ориентировки ребенка в пространстве звук играет очень важную роль. Ориентировочный рефлекс на звук способствует расширению полей зрения, вызывает повороты головы и корпуса тела в сторону звука, т. е. расширяет видимое пространство для ребенка уже в первые месяцы жизни. Любопытно, что первоначально ребенок пытается «увидеть» звук, т. е., реагируя на его местоположение и направление, он не сразу осознает его несводимость к видимому.

Если перед ребенком 6—7 месяцев постучать пальцем по предмету, то он возьмет вначале руку взрослого, затем предмет и будет их рассматривать, как бы желая увидеть самый звук, произведенный их взаимодействием. После этого ребенок повторит данное действие — постукивание несколько раз. Можно заметить, что элементарное знание о звуке у ребенка возникает в процессе замыкания временной связи между движениями ручек и взаимодействием предметов, вызывающих звук. Все усложняющаяся совокупность таких временных связей составляет основу тех ассоциаций, которые образуются в мозгу между различными предметами и их звуковыми свойствами. На основе этих ассоциаций возникает значительно более сложная способность определять *расстояния* между человеком и внешним предметом по звуку, местонахождение предмета по звуку, направление движения звуков и т. д.

Новейшие исследования А. И. Бронштейна, Н. Ю. Алексеенко, С. М. Блинкова и других показали несомненную связь, существующую между слуховой ориентировкой в пространстве и движениями человеческого тела (особенно поворота головы), а следовательно, и соответствующими мышечно-суставными ощущениями. Поэтому не является неожиданным то обстоятельство, что расстройства слухо-пространственного различения (особенно определение направления звука) наиболее тяжелыми являются при поражениях височно-теменно-затылочной области, а также нижнетеменной области коры головного мозга (Н. Ю. Алексеенко, С. М. Блинков, Г. В. Гершуни). Это значит, что в основе слухо-пространственного различения лежит система связей между слухом, мышечно-суставными ощущениями и пространственным зрением. Ведущим в данной ассоциативной системе является, конечно, слух.

По мнению И. П. Павлова, в основе определения местоположения источника звука лежит парная работа больших полушарий. Понятно, что такая парная работа является объединением, синтезом звукоразличительной работы мозгового конца каждого из полушарий. Иначе говоря, пространственно-слуховое различение есть наиболее позднее (в индивидуальном развитии) и сложное образование звукоразличительной деятельности головного мозга.

Что же составляет периферические механизмы слухо-пространственного различения? Ответ на этот вопрос дает знакомство с путями *обоих* слуховых нервов, каждый из которых (начиная со сред-

него мозга) входит своими частями в оба полушария. Следовательно, каждый из мозговых концов слухового анализатора регулирует деятельность *обоих* ушей в какой-то определенной функции *каждого* из них.

До постановки проблемы слуховой ориентировки в пространстве как самостоятельного вопроса факту парности слуховых рецепторов не придавалось особого значения. Отмечалось лишь, что наличие у человека двух приемников звука удваивает ощущение громкости, повышает звуковысотную чувствительность в $1^1/_2$—2 раза по сравнению с монауральным слухом. Имелось в виду, следовательно, что бинауральный слух лишь количественно отличается от монаурального слуха, превосходя последний.

Качественное своеобразие бинаурального слуха открылось лишь в ходе специального изучения роли бинаурального слуха в ощущении *направления звука*. Оказалось, что именно в этом пространственном различении и заключено качественное своеобразие совместной работы обоих слуховых рецепторов. Местоположение источника, производящего звук, определяется человеком при следующих условиях: 1) при одновременном слушании обоими ушами, т. е. при сопоставлении показаний одного и другого уха одновременно; 2) когда звук представляет собой шумы или сопровождается шумами, в то время как для чистых тонов и гармоний направление звука определяется относительно хуже; 3) когда источник звука находится вблизи от средней (медиальной) линии головы, т. е. между обоими ушами; 4) когда направление определяется в горизонтальной плоскости (правое—левое), а не в вертикальной (верх—низ) или в плоскости вперед—назад.

А. А. Ухтомский, перечисляя эти условия, подчеркивал, что ориентировка в пространстве посредством слуха, как и посредством зрения, обостряется в особенности сопоставлением показателей во времени и симметричных одноименных рецепторов (обоих ушей).

Изучение процесса распознавания направления звука обоими ушами показало, что имеется определенная зависимость от *времени прихода звукового сигнала к одному и другому уху*, а также от выпуклостей лица как затеняющей ширмы. Чем больше разность между временем прихода звука к каждому из ушей, тем больше возможность дифференцирования направления. Данное положение особенно относится к низким тонам с их малым числом частот и редкостью колебаний (более значительными временными промежутками между ними). Поэтому различение направления должно быть более точным относительно низких тонов. Невысокие тоны (ниже 800 колебаний в секунду) дают отклонения в одну и ту же сторону (правую или левую) до тех пор, пока не начинается симметричное двоение источника звука вправо и влево. Оказалось, что и в области слуха, подобно двойственным изображениям при резкой диспаратности раздражения обоих глаз, имеется сходное же явление двоения одного звука при слушании обоими ушами тонов, идущих по направлению в сторону от средней линии головы.

При действии звуков более высоких тонов (800—1500 колебаний в секунду) угол смещения локализуемого звука становится все более значительным. Точность ориентировки относительно положения звучащего тела возрастает с удалением последнего на большие расстояния.

Можно сказать, *что разность по времени и фазам возбуждения между двумя сигнализациями в кору головного мозга от обоих ушей и составляет основу дифференцировки направлений звука.*

При бинауральном слухе имеют место не только определение направления звука, но и сами слуховые образы изменяются, как бы перемещаясь по определенной траектории. При небольших громкостях траектория слухового образа кажется горизонтальной. С увеличением громкости представляется, что траектория звука поднимается и вместе с тем приближается к голове спереди. При больших громкостях траектория звукового образа осознается почти вертикальной и как бы проходит внутри головы. Иногда она располагается сзади головы, особенно в случаях значительного расхождения разностей проведения звука в обоих слуховых органах.

Как и в пространственном зрении, где лишь умеренная диспаратность порождает необходимые для дифференцировки видимые расстояния, в пространственном слухе также только умеренная разность показаний обоих ушей (разновременных фаз возбуждения) способствует правильному отнесению слухового образа к местоположению звука.

По обоим слуховым нервам происходит передача совпадающих со звуковой частотой нервных импульсов, *разность времени* прихода которых в кору и составляет основное условие слухового отражения пространства.

Установлено, что бинауральный слух точнее при определении горизонтального направления звука. Одной из причин этого обстоятельства является несимметричная форма головы и форма ушных раковин, фокусирующих звуки спереди и с боков. Однако названная причина не есть решающая, несмотря на ее значение. Другая, более важная причина состоит в том, что объективно более существенными и частыми в жизни человека являются сигнальные действия звуков, расположенных именно по горизонтальной плоскости параллельно поверхности Земли. Значительная точность распознавания звуков по горизонтальному направлению определяется также и тем, что по этому же направлению на голове расположены симметрично оба уха.

Как показал А. И. Бронштейн, физиологическая середина между обоими ушами по данной плоскости не совпадает с геометрической серединой. Как и в бинокулярном зрении, в бинауральном слухе отмечается функциональное неравенство обоих слуховых рецепторов, вследствие неравенства, обусловленного возникающим преобладанием одного из очагов возбуждения (в одном полушарии) над другими (в другом полушарии).

Однако проблема «ведущего уха» в распознавании направлений ещё ждет научных исследований.

Интересны факты М. В. Неймарк, полученные в нашей лаборатории именно по этому вопросу, показавшие, что по отношению к разным пространственным координатам «ведущим» ухом становится то правое, то левое, что между слуховыми ощущениями обоих рецепторов возникает «борьба полей слуха», завершающаяся победой одного из них в зависимости от разницы нервных импульсов при данном положении источника звука.

Представляет интерес специальное изучение соотношения точности определения направлений бинауральным слухом в опытах нашей сотрудницы С. Е. Драпкиной. Согласно этим данным, наиболее точными являются бинауральные показания правого (96,8) и левого (89,6%) направлений.

Правое направление при любой длительности и громкости оказывается на первом месте. Переднее направление звука также хорошо дифференцируется (83% правильных ответов), но с ним чаще всего смешиваются заднее и верхнее направления (пространственные ошибки, или иллюзии, слуха).

Более чем *вдвое,* сравнительно с передним и левым направлениями, снижается точность дифференциации верхнего положения звука (36,2%) и заднего его положения (34,6%). Локализация этих направлений в наибольшей степени зависит от длительности и громкости звука (рис. 6).

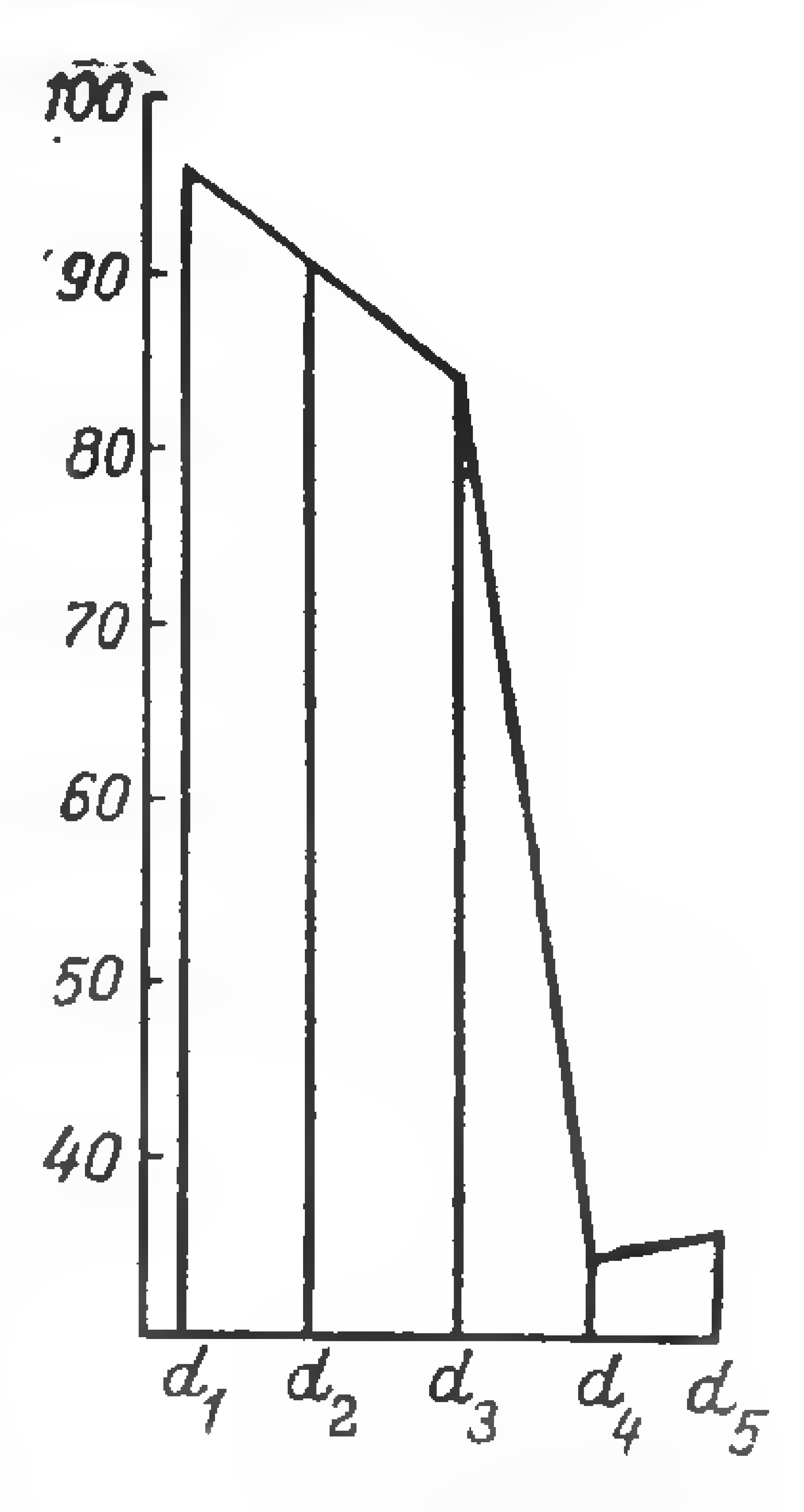


Рис. 6. Локализация звука при различных направлениях. (По С. Е. Драпкиной).

Слуховое различение пространства выступает также в ощущении изменений расстояний между слушающим человеком и движущимся звуком. Так, по данным С. Е. Драпкиной, точность показаний при удалении вначале возрастает, а затем постепенно снижается. По сравнению с исходным расстоянием в 2 м точность определения звука при дистанции в 3 м возрастает вдвое, а при дистанции в 4 м снижается, но продолжает быть более высокой, чем при исходной дистанции.

Как и в области пространственного зрения, не сводимого к остроте зрения, эти сложные функции пространственно-слухового различения направления и расстояния звука не сводятся к остроте слуха, хотя последний играет известную роль в *слуховом различении пространства.*

Под остротой слуха понимается минимальный порог слышимости при данной частоте звука. При помощи звуков камертона, часов, шепотной речи или специальных электроакустических приборов (аудиометров) определяется слышимость этих звуков на определенных расстояниях (при постепенном приближении в случаях снижения остроты слуха или частичной глухоты). Острота слуха испытывается на каждое из ушей раздельно и на бинауральный слух. Нормальная острота слуха имеет границы слуховой области от 16—20 до

20 000 герц. В этом смысле острота слуха определяется движением абсолютных порогов ощущения высоты звука. Но в отличие от обычного исследования звуковысотного слуха при постоянстве положений источника звука, в данном случае изучается состояние слухового аппарата при изменяющейся *громкости* звука одной и той же частоты колебаний в зависимости от его приближения или удаления.

Таким образом, *острота слуха* есть целостное сочетание ощущений высоты и громкости звука при определенных изменениях расстояния.

Поэтому о снижении слуха («потере слуха») можно судить по тому, как изменяется на более удаленных расстояниях соотношение чувствительности с высотой и силой звука.

Пространственная локализация звука, определение расстояний по изменению громкости звука, острота слуха и т. д., видимо, еще не исчерпывают всех возможностей слухового различения пространственных отношений между предметами и явлениями внешнего мира. Однако уже и эти явления дают возможность рассматривать слуховое пространственное различение в качестве одного из важных средств отражения пространства.

ГЛАВА ПЯТАЯ

КОЖНО-ОСЯЗАТЕЛЬНОЕ (ТАКТИЛЬНОЕ) ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗЛИЧЕНИЕ

За последнее столетие в физиологии и психологии возникла необходимость, в связи с открытием разнородных фактов и закономерностей в области *осязания, расчленить это понятие.* Осязательное восприятие состоит из разнородных ощущений: кожно-осязательных, температурных, болевых ощущений кожи и мышечно-суставных. Следовательно, осязание в действительности есть ассоциация всех этих однородных ощущений. Отождествлять осязание с кожной чувствительностью (тактильной, температурной, болевой) нельзя, так как исключительную роль в осязании имеет мышечное чувство (И. М. Сеченов). Нельзя также отождествлять осязание с любым сочетанием кожных и мышечно-суставных ощущений, ибо оно осуществляется при нормальных условиях *рукой,* а не любой частью тела. Для того чтобы понять природу осязания, необходимо рассмотреть каждый из составляющих его видов чувствительности и способы их сочетания *в руке.*

Несомненно, что особую роль в воспринимающей деятельности руки играет взаимодействие ее кожно-механических (тактильных) и мышечно-суставных ощущений.

В психологии найдены способы изучения изолированного протекания тактильных и мышечно-суставных ощущений, показывающих общее и различное в обоих видах чувствительности по отношению к одному и тому же объекту — внешнему предмету. Поскольку при известных условиях тактильные ощущения самостоятельно отражают предмет подобно осязанию при ощупывании рукой, они могут быть названы *пассивным осязанием* (в отличие от активного осязания при сочетании тактильных ощущений с мышечно-суставными ощущениями руки, отражающего некоторые механические свойства движущихся тел).

Материальные тела характеризуются основными механическими свойствами предметов: *твердостью, прочностью, пластичностью* (различными степенями деформации), *проницаемостью или непроницаемостью* (скважностью), *упругостью, качествами поверхности* (глад-

костью, шероховатостью и т. д.), *плотностью*, и, следовательно, весом. Последний относится и к жидким телам, оказывающим механическое воздействие на организм своим давлением на поверхность живого тела. Механическое изучение твердых тел и их движения показывает неразрывную связь механических свойств вещей с формой движения тел (статикой и кинематикой), *временем*, необходимым для прохождения пути движения этих тел, *пространством*, в котором находятся и движутся тела внешнего мира. Протяженность, величина, форма, объемность твердых тел, т. е. пространственные признаки, неразрывно связаны с механическими свойствами вещей. В свою очередь *материальная масса данного тела*, а следовательно, ее протяженность, объем и объемность, величина, форма, по которой тело располагается в пространстве, и т. д., влияют на механическое движение и механические свойства вещей.

Твердые тела в воздушной и водной среде составляют важные условия жизни животного организма.

А. Н. Леонтьев правильно отметил, что переход к наземному существованию животных необходимо создавал новые и сложные приспособления поведения в силу особого значения воздействия на них твердых тел. В условиях наземного существования у высших позвоночных млекопитающих должен был получить особое значение *наружный* покров тела, т. е. кожа.

Соприкосновение наружного покрова с поверхностью предметов внешнего мира, особенно твердых тел, возникает как при *движении* внешнего тела, так и при *движении* живого тела, при сближении его с внешним предметом. *Условием соприкосновения в том и другом случае является движение тел.* Сигналы о механических свойствах внешних тел организм получает не на расстоянии (подобно световым, звуковым, вибрационным, а также химическим), а при известном соприкосновении, *контакте* с внешним предметом. Соприкосновение при перемещении одного тела относительно другого вызывает *трение*.

Чувствительность кожи к механическим раздражениям является, следовательно, отражением механических свойств внешних предметов, возникающих при *механическом* взаимодействии живого тела с телами внешнего мира. Поэтому кожно-осязательные или двигательные ощущения относятся к числу *контактных* видов чувствительности. Материальным механизмом кожно-осязательных ощущений является сложный нервный механизм, выразительно обозначенный И. П. Павловым как *«кожно-механический анализатор»*.

Кожно-осязательные ощущения, являющиеся продуктом деятельности этого анализатора, дают человеку разнообразнейшие чувственные знания о механических свойствах предмета, отражающихся в виде тех или иных ощущений *прикосновения* и *давления*. Характерно, что тактильные ощущения отражают и неразрывную связь механических и пространственных свойств предмета. При воздействии механических свойств предмета на кожу отражается протяженность (общая площадь), величина, а при известных условиях и форма материальной массы данного предмета. Поэтому тактильные ощущения

составляют один из важнейших источников восприятия человеком пространства. Следует отметить, что тактильные ощущения сигнализируют не только о *пространственных признаках вещей*, но и о раздражаемой в данный момент части *всего пространства* наружного покрова тела, т. е. сами пространственно локализуются, но в разной степени, в зависимости от распределения в них кожно-механических рецепторов.

На основании тактильных ощущений мы не только относим отражаемые механические свойства к определенному предмету и его пространству, но также связываем действие механических раздражений с определенной частью своего тела. Поэтому тактильные ощущения составляют один из источников «самоощущения» человеком собственного тела и его отдельных органов. При расстройствах кожной чувствительности какой-либо части поверхности тела человек перестает ощущать эту часть как свою собственную, она ему кажется чужой, посторонней. Следовательно, кожно-тактильные ощущения участвуют в образовании так называемой схемы тела.

Все основные кожно-осязательные рецепторы распределены *неравномерно* по различным частям кожного покрова человека. Из этого следует, как будет видно дальше, что для разных частей кожи имеется и различная абсолютная чувствительность к прикосновению и давлению, т. е. что величина абсолютного порога для одних участков будет больше, для других меньше. Наибольшей чувствительностью, т. е. наименьшей величиной порога, обладают кончик языка, кончики пальцев, а наименьшей чувствительностью, т. е. наибольшей величиной порога, — толстые части подошвы.

Неравномерность распределения осязательных телец, или рецепторов, можно обнаружить при сопоставлении количества возбудимых тактильных точек на различных поверхностях тела. Установлено, что на тыле кисти их 14, на ладонной стороне предплечья — 15, на коже грудной клетки — 29, на лбу — 50, на кончике носа — 100, на мякоти большого пальца—120 и т. д. Причем надо учесть, что на этих последних приходится от 1 до 4 нервных волокон, по которым проводится механическое раздражение в центральную нервную систему. Исключительная множественность и разнообразие тактильных рецепторов определяют множественность и своеобразие проводников тактильных раздражений, которые идут от огромного числа кожных рецепторов (насчитывающих около полумиллиона, т. е. *в среднем* до 25 точек прикосновения на 1 см^2). Однако распределение этих рецепторов, как указывалось, неравномерно. В то время как на 1 см^2 кожи голени приходится 9—10 точек, на 1 см^2 кожи головы приходится 119 точек. Современная анатомия и физиология органов чувств обладают основательными знаниями о весьма *разнородных* чувствительных нервных клетках в кожном покрове тела, составляющих периферические концы кожно-механического анализатора.

Механические раздражения превращаются в нервный процесс в самих осязательных рецепторах, особое место среди которых у человека занимают осязательные тельца (так называемые мейснеровы тельца). Возникшее в них возбуждение передается по нервным во-

локнам, являющимся чувствительными проводниками, в центральную нервную систему. Пути чувствительных проводников весьма разнообразны. Общее в них то, что они входят в периферический нерв, представляющий собой нервный ствол. В этом нервном стволе содержатся как чувствующие, так и двигательные волокна. Перед входом в спинной мозг чувствующие (афферентные) и двигательные (эфферентные) нервы *разделяются*: все двигательные нервы составляют переднюю пару, а чувствующие — заднюю пару корешков спинного мозга.

Большинство нервов человеческого тела является смешанным, а поэтому при их поражении расстройства чувствительности почти всегда сочетаются с двигательными расстройствами. Однако в ряде случаев, ввиду неодинаковой ранимости волокон, последние поражаются избирательно (например дифтерийный токсин сильнее поражает двигательные волокна, а вирус гриппа — чувствительные).

Передние (двигательные) корешки выходят из спинного мозга и идут на периферию, составляя общий нервный ствол с чувствующими волокнами. Путь от периферии к спинному мозгу и обратно на периферию есть нервный путь спинномозговых двигательных рефлексов, наиболее элементарных по своей организации.

Иначе складывается путь чувствующих, или чувствительных, нервов, проводящих кожное раздражение. Эти нервы проходят через задний спинномозговой узел и вступают в задний рог спинного мозга, от клеток которого нервные волокна идут к зрительному бугру и далее до коры головного мозга. Таким образом, чувствительные нервы имеют как бы две переключательные станции: одну в спинномозговом узле, другую в зрительном бугре.

При заболеваниях нервной системы явственно различается изменение локализации чувствительных расстройств в зависимости от места поражения чувствительного пути. Чувствительные волокна, относящиеся к одному заднему корешку или к одному сегменту, снабжают на коже определенную сплошную область, называемую корешковым поясом чувствительности. Поэтому врачу-невропатологу легко отличить расстройство кожной чувствительности спинномозгового происхождения от расстройств тактильной чувствительности периферического происхождения.

О дальнейшем ходе чувствующих нервов, проводящих раздражение тактильных рецепторов, можно судить по расстройствам чувствительности при поражениях зрительного бугра. При этом тактильная чувствительность нарушается уже только на одной половине тела, а в силу таламо-кортикальных сложных отношений в связи с особой ролью руки у человека кожная чувствительность руки страдает больше кожной чувствительности ноги. При таком поражении исчезает граница между тактильной и болевой чувствительностью. Простое прикосновение вызывает боль.

Подобная болезненно-повышенная чувствительность носит название гиперестезии (в отличие от потери чувствительности, так называемой анестезии). Данный тип расстройства свидетельствует о том, что круговая локализация кожных ощущений на уровне спинномоз-

говой станции чувствующих нервов сменилась односторонней локализацией этих ощущений на уровне зрительного бугра. Ответ на вопрос, какова природа односторонней локализации (на полушарии той же стороны, что сторона тела, или противоположной), дает лишь знакомство с корковым концом кожно-механического анализатора.

Электрофизиологические исследования токов действия тактильных чувствующих нервов показали, что импульс, возникающий при нанесении слабого механического раздражения (прикосновение) отличается большой частотой (до 200 м в секунду), проводимостью (до 80 м в секунду) и быстрым наступлением адаптации к раздражителю. Скорость проведения в кору импульсов тактильных раздражений превосходит проведение болевых импульсов примерно в восемь раз.

Анатомические и клинические исследования установили, что корковые центры тактильной чувствительности расположены в области задней центральной извилины, причем их распределение соответствует распределению двигательных участков в передней центральной извилине. Верхние отделы задней извилины воспринимают импульсы из нижних конечностей, отделы, расположенные ниже, — из туловища и верхних конечностей, а отделы, находящиеся в самом низу, воспринимают импульсы из рецепторов лица. Каждое полушарие получает эти импульсы преимущественно из рецепторов противоположной стороны тела, но по отношению, например, к туловищу также и из рецепторов той же стороны тела. Поражение всей задней центральной извилины вызывает полную нечувствительность (анестезию) или понижение чувствительности (гипостезию). Особенно поражаются сложные формы активного осязания, т. е. восприятие формы и назначения предметов.

Исследования И. П. Павлова и его школы подтвердили клинико-анатомические данные о наличии «специального района» в коре головного мозга, являющегося мозговым концом кожно-механического анализатора. После удаления у собаки области, соответствующей задней центральной извилине человека, с левой стороны ранее выработанный условный кожно-механический рефлекс появился на 8-й день, но только на *левой* же стороне, а на правой (противоположной поражению) отсутствовал. На 10-й день он появился и на правой стороне, но лишь на середине туловища. Отсутствие этих рефлексов на всех остальных частях правой стороны продолжается до 90-го дня, когда начинают восстанавливаться условные кожно-механические рефлексы последовательно сверху вниз (позже всего на конечностях правой стороны). Специальные опыты дали И. П. Павлову основание предположить, что «не оказывалось прямых путей, связывающих кожу половины тела с полушарием той же стороны».[1]

И. П. Павлов обратил внимание на тот факт, что несмотря на удаление центра кожно-механического анализатора все же происходило восстановление этих рефлексов. Можно было предположить, что

[1] И. П. Павлов. Соч., т. IV, стр. 365.

замещение функции совершалось за счет близлежащих частей коры головного мозга. Однако добавочное разрушение данных долей почти совсем не оказало действия на восстановленную деятельность анализатора. «Следовательно, возмещение произошло за счет отдаленных элементов» (И. П. Павлов). И. П. Павлов установил, таким образом, что и в мозговом конце кожно-механического анализатора имеется ядро (т. е. описанный ранее корковый центр тактильной чувствительности) и *рассеянные* элементы анализатора, распространенные по другим областям коры головного мозга. Кожно-механический анализатор, подобно зрительному и слуховому, является двуединым. И. П. Павлов рядом опытов своих сотрудников (Н. И. Красногорского, К. М. Быкова и др.) доказал, что при нормальном состоянии высшей нервной деятельности кожно-механический анализ осуществляется посредством парной работы больших полушарий. При рассечении мозолистого тела условные рефлексы на механические раздражения становились совершенно независимыми друг от друга (на обеих половинах тела). У нормальных животных, вследствие парной работы больших полушарий, «условные кожно-механические рефлексы, выработанные на разных местах кожи одной половины тела, удивительно точно воспроизводились сами собой сразу на симметричных местах кожи на другой половине тела».[1]

Опыты А. А. Рыковой в нашей лаборатории, посвященные вопросу о возможности подобного переноса у *человека* выработанных условно-механических рефлексов с одной стороны на другую, полностью подтверждают это положение. Оказалось, что после многократной выработки условно-механического рефлекса на одной руке (например правой) уже без всякой тренировки подобный условный рефлекс получался и на другой (левой) руке.

Парная работа больших полушарий имеет особое значение для деятельности кожно-механического анализатора в отношении различения пространственных признаков воспринимаемых вещей и сторон (направления) при воздействии механических свойств предметов.

В целях изучения тактильных (кожно-механических) ощущений обычно употребляется набор так называемых волосков Фрея. Диаметр каждого волоска измеряется с помощью микроскопа, а его давление определяется на 1 мм^2 кожи.

Таким образом, порог тактильной чувствительности измеряется величиной диаметра волоска при его давлении на 1 мм^2. Исходя из ранее указанной неравномерности распределения кожно-механических рецепторов, видим, что одного общего порога кожных ощущений у человека нет. Напротив, у одного и того же человека в зависимости от участка кожи величины порогов будут разнообразны, увеличиваясь приблизительно в 125 раз с переходом от кончиков языка и пальцев до плотных частей подошвы.

Установлены следующие пороги кожных ощущений для одного и того же человека (выраженные в величинах соотношения 1 мг на

[1] И. П. Павлов. Соч., т. IV, стр. 366.

1 мм²): для кончика языка—2, кончика пальцев—3, тыла пальцев—5, ладонной поверхности предплечья — 8, тыла кисти — 12, икры ног — 15, живота — 26, тыльной поверхности предплечья — 35, поясницы — 48, плотных частей подошвы — 250.

Эти величины характерны лишь для ощущения *прикосновения*, которое является минимальным ощущением *давления*. При увеличении интенсивности раздражителя (т. е. увеличении давления на 1 мм² кожи) тактильные ощущения увеличиваются до верхнего предела, после которого на любой точке кожи они превращаются в болевые ощущения.

Характерно, однако, что наиболее широкий диапазон изменений абсолютной тактильной чувствительности установлен для кончиков пальцев: нижний порог — 3 мм², верхний — 300 мм.² Иначе говоря, оказывается, что кончики пальцев, наиболее чувствительные к прикосновениям, относительно наименее чувствительны к боли, вызываемой максимальным давлением того же механического раздражителя.

Тактильная чувствительность сильнее всего развита на дистальных частях тела, т. е. на наиболее удаленных от центра тела двигательных приборах (руках и особенно на пальцах рук, кончике языка, кончиках пальцев ног). Биологический смысл возрастания тактильной чувствительности от средней линии тела к концам наиболее подвижных «центральных» его частей заключается, повидимому, в том, что именно данные части тела («центробежные», или двигательные) осуществляют взаимодействие с механическими свойствами внешних тел, выступающее в виде трения — специфически механической формы взаимодействия тел.

Интересно отметить, что тактильная различительная чувствительность выступает в двух основных формах: *временной* и *пространственной*, с которыми связано отражение механических свойств движущихся тел.

А. А. Ухтомский указывал на то, что «до начала теплового и болевого ощущения успевают осуществляться рецепции осязательные, тактильные; вслед за тем выступают в дело безболезненные температурные ощущения, потом боль; тактильная чувствительность показывает очень низкий порог возбудимости, очень малый период скрытого возбуждения (латентный период), очень малый дифференциальный порог, т. е. раздельно распознает и различает чрезвычайно близко лежащие точки в пространстве и во временной последовательности».[1]

Сравнительно с температурными и болевыми, т. е. другими кожными ощущениями, тактильные ощущения возникают с чрезвычайной быстротой, что свидетельствует о высокой возбудимости кожно-механических рецепторов. Эта возбудимость тем выше, чем дистальнее расположены данные рецептора. О высокой возбудимости можно судить не только по времени реакции, но и по частоте нервных импульсов, которые передаются от рецепторов в мозг.

---

[1] А. А. Ухтомский. Соч., т. IV, стр. 59.

Частота токов действия чувствующего нерва уменьшается в процессе адаптации, но она довольно велика в начальный момент раздражения. Скорость тактильной реакции намного больше скорости температурной, болевой, а также *зрительной* реакции и непосредственно приближается по величине к *слуховой* реакции. Данный факт говорит о том, что настройка кожно-механических рецепторов на реакцию определяется корой головного мозга. Об этом же свидетельствует и то обстоятельство, что минимальные прикосновения не вызывают спинномозговых двигательных рефлексов, в частности двигательного оборонительного рефлекса в виде *удаления* от раздражителя, но зато вызывают сложные корковые условно-двигательные рефлексы в виде произвольных движений, направленных на *сближение* с раздражителем и особенно на его ощупывание. Поэтому *сигнальное* значение тактильных раздражителей очень велико. С этим же связан и малый дифференциальный порог тактильных ощущений, т. е. их временная различительная чувствительность. Под указанной формой различительной тактильной чувствительности мы понимаем *тактильное различение во временной последовательности тех или иных перемен давления.*

Еще более важную роль играет *пространственная* различительная чувствительность кожно-механического анализатора. Значение дифференциального порога тактильных ощущений в пространстве для *разных* участков тела заключается в том, что вообще разность сигналов с поверхности тела создает в коре головного мозга возможность *отражения пространства.*

Данное явление мы выявили по отношению к зрению (разность диспаратных возбуждений обоих рецепторов) и слуху (разность фаз возбуждения от импульсов обоих ушей). Разность одновременно приходящих сигналов с кожи имеет исключительное значение для определения пространственных признаков воздействующих механических раздражителей (протяженность и величина, угол пространственной формы и т. д.).

Значение тактильных ощущений для формирования знаний о пространстве соприкасающихся с телом внешних предметов было впервые сформулировано И. М. Сеченовым.

Развивая эту мысль И. М. Сеченова, А. А. Ухтомский писал, что «тактильную безболезненную рецепцию рассматривают как главное средство для геометрического ознакомления с миром; известно, что у людей с парализованным осязанием резко падает способность к геометрическому мышлению, к воображению пространственных форм».[1]

Необходимо подчеркнуть, что пространственная различительная чувствительность кожно-механического анализатора резко отличается при действии одного и того же механического раздражителя на разные участки кожи, о чем явно свидетельствуют факты сравнительного изучения дифференциального пространственного порога для разных участков кожи.

---

[1] А. А. Ухтомский. Соч. т IV, стр. 61.

Для исследования пространственного различения кожей двух *раздельных прикосновений,* действующих *одновременно,* пользуются специальным циркулем с двумя ножками (одной неподвижной, другой подвижной, перемещающейся по измерительной шкале). Расставив ножки циркуля на определенную величину расстояния друг от друга, прикасаются ими одновременно к коже человека, сидящего с закрытыми глазами (или же отделенного экраном-ширмой). Минимальную величину ощущения разности двух раздражителей называют порогом остроты осязания или порогом пространственного тактильного различения. Величина порога исчисляется в миллиметрах расстояния между двумя одновременно действующими прикосновениями ножек циркуля. Наивысшая острота осязания, или пространственного тактильного ощущения, характерна для кончиков губ (1 мм) и кончиков пальцев (2,2 мм), наименьшая — для спины, середины шеи, плеча и бедра (около 68 мм).

При сравнении порогов пространственного различения вновь обнаруживается противоположность подвижных и дистальных частей тела сравнительно с остальными. Очевидно, *движения* органов тела имеют исключительное значение для развития пространственного тактильного различения.

Существуют точные данные о дифференциальных порогах пространственного различения всех основных участков кожной поверхности человеческого тела. Зная, что диапазон этих порогов располагается между величинами от 1 до 68 мм, можно распределить данные величины по трем зонам пространственно-тактильной чувствительности: высокой (20 мм), средней (от 21 до 40 мм), низкой (от 41 до 68 мм), что показано в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что в зону высокой чувствительности входят не только пальцы рук, но и пальцы ног; не только ладонная сторона кисти, но и губы, а также щеки. В этой зоне совмещаются, таким образом, *разные по своему значению для действительного отражения пространственных признаков* внешних предметов участки пассивного осязания.

Более однородной является зона низкой чувствительности, куда входят малоподвижные, серединные по расположению в теле, *закрытые одеждой* части тела.

Но вполне естественно, что нас особенно интересует зона высокой чувствительности, *остроты пассивного осязания.* На базе именно этого уровня формируются более сложные формы осязательного восприятия пространственных форм, играющие важную роль в познании человеком внешнего мира. Можно отметить, что при отсутствии рук (их ампутации после ранения, заражения крови и т. д.) человек действительно пользуется пальцами ног, кончиком языка и губами для распознавания поверхностей предмета. Это становится необходимым тогда, когда ампутация рук производится у *слепого человека* (при множественном ранении или контузии). Значит, возможности пространственного различения этими частями тела могут быть использованы в тяжелых условиях ограничения пространственной ориентации.

Таблица 2

Распределение разностных порогов по зонам пространственно-тактильной чувствительности человека (по Сеппу, Цукеру и Шмидту)

Высокая зона	Средняя зона	Низкая зона
Кончик языка (1 мм)	Нижняя часть лба (22,5 мм)	Крестец (40,4 мм)
Ладонная часть концевой фаланги пальца руки (2,2 мм)	Задняя часть пятки (22,5 мм)	Ягодицы (40,5 мм)
Красная часть губ (4,5 мм)	Волосистая часть затылка (27,0 мм)	Предплечье и голень (40,5 мм)
Тыльная сторона I фаланги пальца руки (6,7 мм)	Тыл кисти (31,5 мм)	Тыл стопы близ пальцев (40,5 мм)
Ладонная сторона кисти (6,7 мм)	Шея под подбородком (33,7 мм)	Грудина (45,5 мм)
Подошвенная сторона концевой фаланги большого пальца ноги (11,2 мм)	Темя (33,7 мм)	Шея ниже затылка (54,1 мм)
Тыльная сторона II фаланги пальцев ноги (11,2 мм)	Колено (36,0 мм)	Поясница (54,1 мм)
Тыльная сторона правой фаланги большого пальца ноги (15,7 мм)		Спина и середина шеи (67,6 мм)
		Плечо и бедро (67,7 мм)

Какое же значение, однако, имеет подобная резкая обособленность границ пространственной чувствительности для общей работы коры головного мозга человека? Оно заключается в том, что при одновременном механическом воздействии различных частей одного и того же предмета мы ощущаем его (в темноте или с закрытыми глазами) как *один предмет*. Представления о той или иной кривизне поверхности предмета создается благодаря *разности* сигналов от различных ближних или дальних точек прикосновения. Но как для пространственного зрения требуется умеренная диспаратность сигналов, так и для пространственного пассивного осязания необходима умеренная разность сигналов с точек прикосновения смежных зон для того, чтобы предмет воспринимался не раздвоенным или множественным, а *единым*. Большая разность сигналов с кожи имеет значение в другом отношении, а именно для синтеза ощущений, чувственных знаний человека о целостности собственного тела.

Восприятие человеком собственного тела складывается из сочетания пространственно-тактильной чувствительности, мышечно-суставных и органических ощущений. Это комплексное восприятие человеком собственного тела носит название «*схемы тела*». Психические заболевания, в основе которых лежит то или иное расстройство деятельности первой и второй сигнальных систем, нередко характеризуются, при относительной сохранности абсолютной тактильной чувствительности, распадом пространственно-осязательного различения.

Как показал Р. И. Меерович, такие больные жалуются на то, что руки, ноги или голова настолько изменены, что больные начинают ощущать их как посторонние, чужие. У психических больных *искажается* представление о *границах* своего тела, а поэтому в момент подобного приступа они искаженно воспринимают и отделенность внешних предметов от собственного тела. Несмотря на тесную связь корковых расстройств кожной, мышечно-суставной и органической (внутренностной) чувствительности, в таких случаях можно выделить особую роль различительной тактильной чувствительности.

Известные расстройства схемы тела наблюдаются при функциональных заболеваниях (истерии) и часто сочетаются с потерей тактильной чувствительности. В основе подобных заболеваний, как показал И. П. Павлов, лежит расстройство взаимоотношения между деятельностью первой и второй сигнальных систем, причем первая сигнальная система растормаживается и преобладает над деятельностью второй.

Расстройство корковой деятельности, следовательно, приводит к тому, что поражается взаимодействие возбуждения и внутреннего торможения. Между тем, как показано в отношении пространственного зрения и слуха, лишь благодаря этому взаимодействию и дифференцирующей роли внутреннего торможения *разность сигналов* от парных рецепторов дает возможность правильно различать пространственные признаки предметов, а в данном случае таким предметом являются части тела самого человека.

О зависимости развития пространственного пассивного осязания от развития дифференцирующей работы коры головного мозга свидетельствует процесс формирования схемы тела у ребенка. Известно, что в первые месяцы жизни ребенок играет со своими ножками и ручками так же, как и с любым посторонним предметом. «Собственное пространство» тела ощущается, повидимому, ребенком только у полости рта. В процессе воспитания и развития ребенка это пространство собственного тела *постепенно* расширяется, но не сразу приводит к целостной «схеме тела».

По нашим данным, такое расширение зависит от формирования произвольных движений ребенка, вначале ручек, затем ножек. До начала самостоятельной ходьбы ребенок не может правильно отнести прикасающийся к его телу предмет к той части тела, на которую предмет воздействует. Исключением являются (к 8—10 месяцам жизни) лишь прикосновения к кистям руки и к стопе ноги (наиболее дистальным частям тела). Ребенок не может найти спрятанный у него под рубашечкой у спины, затылка, поясницы, даже живота и груди предмет. Он ищет его с ошибкой на 45—90° от действительного положения.

Подобные ощущения ребенка образуют вначале «головоногую» схему тела, которая много позже выражается в самых ранних детских изображениях, в рисунках «человеков».

Лишь постепенно у ребенка формируются правильные представления о пространстве собственного тела. В этом формировании важ-

ную роль играет развитие не только мышечно-суставной чувствительности, но и пространственного тактильного различения. Тем не менее острота пассивного осязания имеет ограниченное значение для познания пространственных признаков внешних предметов. Как в области зрения, так и в области тактильной чувствительности *нельзя сводить* пространственное различение лишь к остроте пассивного осязания. Характерно, что сравнительное исследование остроты пассивного осязания у зрячих и слепых показало, что разницы между ними нет, а в отдельных случаях острота осязания зрячих превосходила таковую у слепых. Между тем ясно, что именно слепые принуждены пользоваться осязанием для пространственного различения, достигая при этом высокой точности пространственного определения предметов. Очевидно, что острота осязания характеризует лишь одну сторону пространственного различения, а не весь его сложный комплекс. Такой стороной является *отражение расстояний* между двумя раздельными прикосновениями. Если по аналогии со зрением (глазомером) выразить это в слове, то данная сторона является как бы «кожемером» или «механомером». Подобная *измеримость* путем ощущений пространства внешних предметов и собственного тела очень важна для сознания. Однако она еще не определяет тактильного восприятия пространственных форм.

Между тем пространственно-различительные функции кожно-механического анализатора имеют исключительное значение именно для распознавания форм, величин, соотношения между частями предмета и т. д.

Вместе с мышечно-суставными ощущениями пассивное осязание образует *активное осязание рукой,* являющейся, вместе со зрением, главным средством познания пространственных признаков и отношения между предметами внешнего мира.

Однако для того чтобы понять сложные формы пространственно-тактильного различения, необходимо выделить *область руки.* Впервые Ф. Энгельс выдвинул положение о том, что осязание в точном смысле этого слова отсутствует у животных, что даже у обезьян имеются лишь зачатки осязания. Ф. Энгельс показал, что осязание есть специфически человеческая особенность воспринимающей руки человека, являющейся одновременно продуктом и естественным органом труда.

Ошибка многих естествоиспытателей и психологов в прошлом заключалась в том, что они подходили к анализу пространственно-тактильного различения, игнорируя социальную обусловленность развития мозга и органов чувств человека. При этом острота осязания в области кончика языка в 1 мм оказывалась имеющей большее значение, нежели острота осязания в области кончиков пальцев.

Между тем советские психологические исследования, основанные на марксистской теории Ф. Энгельса о трудовом происхождении руки и осязания, впервые объяснили тот парадоксальный факт, что менее чувствительные по остроте осязания части рук оказываются несравнимыми по точности пространственного различения органами восприятия пространственных признаков предмета. Противополож-

ность между тактильным отражением формы предмета кожей *ладонной поверхности* руки и, например, кожей внутренней стороны предплечья ясно выступает при экспериментальном изучении.

Начнем с данных о тактильном отражении формы предмета кожей внутренней стороны предплечья. Если наложить на обнаженную (освобожденную от одежды) кожу в этом месте двухмерные, т. е. плоскостные, формы, то сразу обнаружится невозможность такого отражения, даже приблизительно.

Л. А. Шифман в нашей лаборатории ясно показал, что (за исключением круга) рецепторы внутренней стороны предплечья тела не дают правильного отражения предмета (рис. 7).

Напомним, что разностный порог пространственного различения этой части кожи относится не к числу самых больших, а к числу *средних* величин (т. е. к средней зоне чувствительности).

Для того чтобы измерить различие в тактильном восприятии формы кожей предплечья и кожей ладонной поверхности руки, Л. А. Шифман применил метод угольников, воспроизводящих наиболее типичный элемент пространственной формы физического тела — углы. Каждый угольник состоял из двух металлических пластинок, сходящихся под определенным углом и составляющих единое целое. Углы, под которыми сходились обе пластинки, измерялись в определенных градусах (от 165 до 5). Оказалось, что тактильное ощущение в области предплечья сводится лишь к ощущениям прикосновения. В самом лучшем случае (преимущественно при сравнении угольников от 90 до 80°) осознавалось наличие угла или грани, а также прямолинейности фигур.

Рис. 7. Различение плоскостных форм кожей внутренней стороны предплечья.
(По Л. А. Шифману).

Тактильные ощущения в данной части кожи не давали никакого знания не только о соотношении трех основных признаков угла (прямолинейности, трех определяющих точках, открытой стороне), но даже и о двух из них одновременно. Иная картина получается при подобном же исследовании чувствительности кожи ладонной поверхности руки.

Л. А. Шифман экспериментально показал, что в этом случае *никогда* не имеет места лишь простое ощущение прикосновения или протяженности. Чем острее был угол, заключенный между гранями угольника, тем правильнее распознавалась форма последнего. Наиболее точные показания ладони руки начинались при раздражении угольником в 115—90° и возрастали до раздражения угольником в 20°, после чего точность показаний вновь снижалась (рис. 8).

Тактильные ощущения ладони руки начинались с того уровня, который был верхним возможным пределом ощущений кожи предплечья. Это обстоятельство Л. А. Шифман сформулировал в положение о том, что высшая степень ясности кожных восприятий в области внутренней стороны предплечья представляет собой вместе с тем низшую степень ясности кожных восприятий ладони. Кожа ладони улавливала не только два, но и все три определяющих признака прикасавшегося к ней объекта.

Следовательно, образы, возникающие на основе тактильных ощущений ладони, характеризуются «элементарной целостностью» (Л. А. Шифман). Установив эти факты, Л. А. Шифман был, однако, убежден, что отражение более сложной формы (треугольника, многоугольника и т. д.) пассивным осязанием неосуществимо, что оно возможно лишь при активном осязании, т. е. ощупывании (сочетающим пассивное осязание с мышечно-суставными ощущениями).

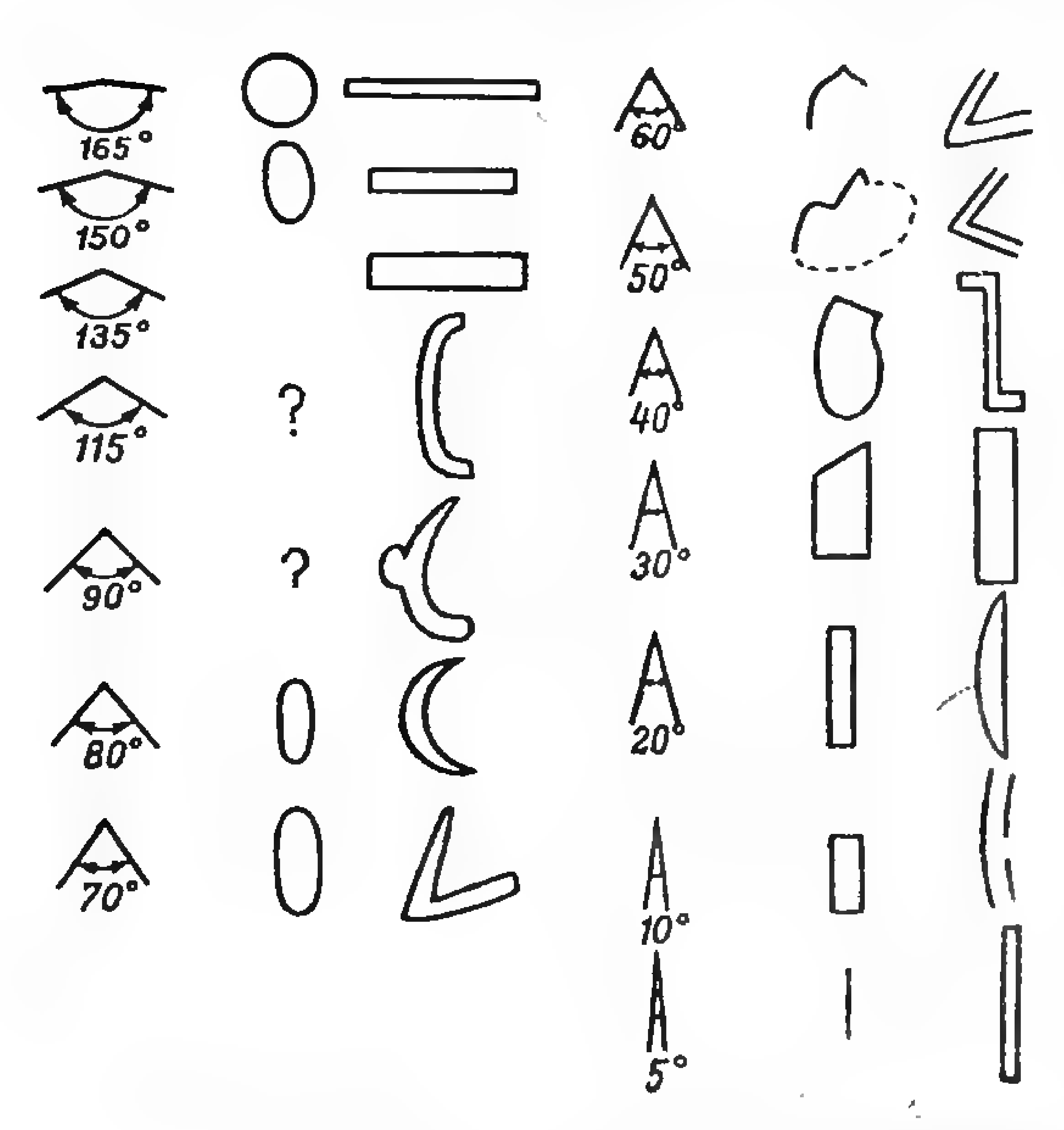


Рис. 8. Тактильное различение внутренней стороны предплечья.
(По Л. А. Шифману).

Ошибочность приведенного мнения вскрыл своими интересными опытами другой наш сотрудник — Л. М. Веккер. Он показал, что пространственно-тактильное различение зависит от того, находится ли в движении раздражитель — плоскостная форма — или рука, или то и другое одновременно. Движение руки по покоящемуся предмету представляет собой обычное ощупывание этого предмета, т. е. активное осязание, которому противопоставляется кожная чувствительность покоящейся руки при неподвижном предмете.

Л. М. Веккер построил методику исследования таким образом, что по покоящейся руке перемещались, двигались поочередно плоскостные пространственные формы разных типов. Следовательно, им изучалось *пассивное осязание* при переменном давлении разных точек движущегося по коже предмета. В отличие от Л. А. Шифмана, избравшего районом кожной чувствительности руки ее внутреннюю поверхность, Л. М. Веккер выделил в качестве такого района ладонную часть передней фаланги (кончика) указательного пальца. В процессе активного осязания указательный палец играет ведущую роль в обведении контура предмета рукой. В производственных операциях

ручного труда (укладка папирос, сборка галош и т. д.) взаимодействие большого и указательного пальцев имеет особенно важное значение для различительной деятельности руки. В силу большей упражняемости и специализации кончика указательного пальца, последний является наиболее благоприятным объектом для исследования различения пространственных форм пассивным осязанием.

Опыты Л. М. Веккера показали, что правильное отражение формы предмета при отсутствии движения его по руке оказалось невозможным. При обведении поверхности предмета (движение предмета) кончиком покоящегося указательного пальца руки возникает правильное отражение деталей контуров, особенно углов и выпуклостей. Так, например, ромб различается как замкнутая геометрическая фигура (при неподвижности руки и предмета он ощущался как незамкнутый угол). С введением движений *поверхности* предмета по покоящейся руке отмечается прирост правильных ответов на 21%. Затем меняется характер движений предмета: он обводится не всей своей поверхностью, а лишь *контуром* таким образом, что весь его периметр последовательно всеми точками движется по *ладони* и охватывается полностью один раз. Испытуемый предупреждается о том, что предмет движется контуром и что движение кончается на той же точке, с которой началось. При этом количество правильных ответов возрастает еще на 35%. Вовлечение в процесс пассивного осязания речи перестраивает его, повышает его точность под влиянием второй сигнальной системы.

Еще более активизируется рассматриваемый процесс, когда движущийся предмет перемещается своими контурами по кончику покоящегося указательного пальца. Общее количество правильных ответов в этом случае равно 93%, т. е. почти полностью приближается к данным активного осязания.

Л. М. Веккер сделал вывод о том, что «движение является стержневым регулирующим фактором в формировании образа. Именно движение полностью реализует последовательный процесс взаимодействия руки и предмета. При этом образ отдельных частей предмета формируется совершенно правильно, независимо от того, движется ли предмет относительно руки или, наоборот, рука относительно предмета. Но завершенное, целостное предметное отражение вещи, отчленение ее от других вещей возможно лишь в процессе активного оперирования».

Экспериментальные данные Л. М. Веккера подтверждают предположение о том, что именно *перемены давления в процессе трения* (а таким специфическим для активного и пассивного осязания взаимодействием руки и предмета является минимальное и последовательное трение) служат основой тактильно-пространственного различения формы предмета.

Этот исследователь объяснил возможность отражения формы пассивным осязанием тем, что рука, представляющая собой специфический рецептор осязания человека, есть сложная координатная система, в которой имеется своя *точка отсчета* (опоры), а также *ряд передатчиков импульсов движения.*

Было изучено взаимодействие пальцев в процессе ощупывания. Оказалось, что такой «точкой опоры», или начальной точкой отсчета, является большой палец, выполняющий роль своеобразной подвижной ладони. Ведущим звеном в координатной системе выступает указательный палец, от которого идут передатчики импульса движения — средний и безымянный пальцы. Координатная система замыкается мизинцем. Как показала киносьемка ощупывающих движений пальцев, она продолжает действовать и при включении мизинца и безымянного, причем тогда роль замыкателя играет средний палец. Целостный ощупывающий акт нарушается в том случае, если исключается большой или указательный палец, т. е. опорный и различительный моменты координатной системы руки. Такая система полностью обнаруживает себя при активном осязании, но проявляется частично и при пассивном осязании, когда ведущую пространственно-различительную роль несет указательный палец, т. е. ведущее звено данной координатной системы.

Очевидно, что для возникновения образа пространственной формы на основе пассивного или активного осязания необходимо *замыкание связей между сигналами*, получаемыми корой головного мозга от всех звеньев координатной системы. В этом смысле каждый акт пространственно-тактильного различения является условнорефлекторным. Особенное значение имеет разность сигналов от смежных звеньев координатной системы (большого, указательного и среднего пальцев и т. д.), но при значительной разности сигналов (например большого пальца и мизинца) правильного различения пространственных признаков предмета не образуется. Следовательно, для пространственно-тактильного различения имеет значение *умеренный* контраст между сигналами от разных звеньев координатной системы одной руки, т. е. определенный тип взаимодействия тактильных ощущений одной руки.

Пространственно-тактильное различение осуществляется не только одной, но и двумя руками. Осязание обеими руками носит название *бимануального осязания*. По своему характеру оно существенно отличается от бинокулярного зрения или бинаурального слуха. В обычных условиях оба глаза одновременно раздражаются светом, оба уха — звуком. Механическое раздражение рук нередко бывает раздельным, т. е. имеет место изолированное раздражение одной или другой руки. Но самое существенное для бимануального осязания (в отличие от бинокулярного зрения и бинаурального слуха) заключается в том, что одна рука является ведущей (обычно для большинства людей — правая), а другая — опорной (левая) в большинстве трудовых действий человека. Поэтому бимануальное осязание протекает в особых условиях резкого функционального двигательного *неравенства* правой и левой рук. Наше исследование совместно с А. Н. Давыдовой показало, что *одновременное* ощупывание двумя руками одного предмета крайне затруднительно, так как одна рука нормально выполняет опорную роль, другая — различительную. Если же в условиях опыта ощупывающие движения обеих рук должны быть одновременными, то наименьшая точность в пространствен-

ном различении возникает там, где обе руки сходятся, а наибольшая там, где они расходятся.

Дальнейшие опыты Б. Ф. Ломова и А. В. Идельсона в нашей лаборатории показали, что одна рука тормозит другую в случаях одновременного движения пальцев обеих рук, но это торможение повышает точность распознавания одной из них. Выявилось, что для *правшей* более точным рецептором является не правая, а *левая* рука. Специальные опыты подтвердили большую точность левой руки у правшей в отношении осязания как активного, так и, особенно, пассивного, т. е. пространственно-тактильного различения. Вероятно, *пассивное осязание* больше развито в левой руке сравнительно с правой. Но это не значит, что большая точность пространственно-тактильной чувствительности левой руки определяет преобладание правого полушария над левым.

Изучение А. В. Идельсоном биотоков коры головного мозга при осязании показывает, что чем сложнее процесс *одноручного* или *двуручного* осязания, тем большую роль играет взаимодействие больших полушарий головного мозга.

Мы разделили формы тактильного различения на временную (последовательную во времени различения механических раздражителей) и пространственную (различение одновременно действующих в разных точках кожи механических раздражителей). Необходимо, однако, иметь в виду, что при временном тактильном различении имеет значение пространственный фактор (площадь раздражения, место раздражения на коже, сторона тела), в силу чего временный разностный порог будет изменяться в зависимости от пространственных условий раздражения. При пространственно-тактильном различении большую роль играет фактор времени. Специальными опытами Л. М. Веккер показал, что при пассивном осязании распознавание длины предмета связано с продолжительностью механического раздражения. В опыте производилось движение ребра линейки по пальцу испытуемого с разной скоростью. В одном случае скорость была в два раза больше исходной, в другом — в полтора раза меньше. Соответственно изменялась и разница в распознавании длины. Точность этого распознавания имела место лишь при определенных временных условиях, но изменялась в зависимости от структуры поверхности и упругости ощущаемых тел.

Когда механическое раздражение оказывает вредоносное действие, тактильные ощущения уступают место болевым. Значение этого факта трудно переоценить. Дело в том, что болевые ощущения вызывают рефлекс на удаление от раздражителя, т. е. на прекращение его действия на кожу (оборонительно-двигательный рефлекс).

А. А. Ухтомский справедливо критиковал реакционного философа-идеалиста А. И. Введенского за его утверждение, будто бы *всякий* рефлекс принципиально направлен на удаление от раздражителей, а следовательно, на прекращение его действий на организм. Если бы это было так, — указывал А. А. Ухтомский, — не было бы расширяющейся познавательной деятельности организма и не могло бы развиваться и получать упражнение углубляющееся восприятие

среды. Благодаря тактильным ощущениям, напротив, развиваются сложные корковые двигательные рефлексы на соприкосновение, сближение с *внешним* предметом, т. е. активные формы взаимодействия организма с внешним миром. Двигательные реакции подобного типа оказывают сильное обратное влияние на развитие тактильной чувствительности. Замыкание прочных временных связей между кожно-механическим и кинестетическим анализаторами определяет развитие каждого из них, оказывая влияние на ассоциирование данных ощущений с ощущениями других модальностей, в том числе и в области пространственного различения.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

КИНЕСТЕТИЧЕСКОЕ (МЫШЕЧНО-СУСТАВНОЕ) ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗЛИЧЕНИЕ

Сознание человека формируется и развивается в деятельности. Но сама деятельность человека определяется жизненными для него условиями объективной действительности, которая отражается сознанием.

Зрительные, слуховые, вибрационные, кожные, обонятельные, вкусовые и другие ощущения являются элементарными побуждениями, вызывающими те или иные элементарные акты деятельности человека.

Следовательно, все ощущения в совокупности являются источниками деятельности.

Заслугой великого русского ученого И. М. Сеченова было открытие важнейшего факта, состоящего в том, что и само осуществление действий порождает особенные ощущения, а именно мышечно-суставные. Мозг человека получает сигналы не только от внешнего мира, но и от исполнительных, рабочих двигательных органов относительно того, как совершается рефлекторное движение, соответствует или нет оно действительной природе раздражений, вызвавших это действие.

И. М. Сеченов рассматривал ощущения как продукты целостного рефлекторного акта головного мозга, т. е. всех частей рефлекторной дуги, а не только рецептора, чувствительных центростремительных нервов и центров. Работающая мышца, непосредственно осуществляющая практическое взаимодействие с внешним раздражителем, сама является источником ощущений.

Однако лишь И. П. Павлов впервые научно объяснил механизм коркового анализа движений самого организма, т. е. природу мышечно-суставных ощущений.

Проблема мышечно-суставных ощущений имеет совершенно исключительное значение для *психологии человека.* Известно, что движения и действия человека, его деятельность в целом по своей природе общественны. Трудовая деятельность людей обусловливает ка-

чественно своеобразный механизм мышечно-суставных ощущений человека.

В своей классической работе «Роль труда в процессе очеловечения обезьяны» Ф. Энгельс сформулировал положение о том, что «труд создал самого человека»,[1] что приобретение животными предками человека прямой (вертикальной) походки было первым решительным шагом «для перехода от обезьяны к человеку». Прямое влияние руки, как продукта и органа труда, на развитие мозга и органов чувств имело решающее значение в первоначальном совершенствовании организма человека. На этой основе стало возможным познание предметов внешнего мира, на которые человек воздействовал орудиями труда. В процессе трудового воздействия на природу возникла совместная деятельность людей, появился язык как средство общения.

Именно с этими специфически человеческими особенностями строения и функций организма и связаны главные формы мышечно-суставных ощущений человека. Именно с этими особенностями двигательного аппарата человека связано коренное отличие двигательного анализатора человека от двигательного анализатора животных.

Ощущение положения тела в пространстве, его передвижения по пространству окружающего мира, мышечно-суставные ощущения рук в процессе трудовых действий, членораздельная речь являются важнейшими источниками как сознания, так и самой деятельности.

Дальше будет показано, что реакции этих главных двигательных аппаратов организма не только обусловлены самими ощущениями зрения, слуха, осязания, вкуса и т. д., но в свою очередь также вызывают своеобразные ощущения в результате дробного анализа корой головного мозга данных движений. Кора головного мозга регулирует эти движения, настраивает их на определенный лад, организует, координирует и т. д. именно на основе сигналов, которые поступают в нее от работающих мышц, связок и суставов.

Мышечно-суставные ощущения контролируют движения и действия человека, по ним человек судит о работоспособности, утомлении, точности, скорости движения. На основе мышечно-суставных ощущений человек заключает о соответствии или несоответствии своих движений вызвавшим их внешним причинам.

Однако значение мышечно-суставных ощущений не ограничивается этим и является общим для работы всех анализаторов человека. И. М. Сеченов доказал, что именно с мышечно-суставными ощущениями связано так называемое объективирование ощущений. «Когда на наш глаз падает свет от какого-нибудь предмета, мы ощущаем не то ощущение, которое оно производит в сетчатке глаз, а внешнюю причину ощущений — стоящий перед нами предмет. . . Вот это-то вынесение некоторых впечатлений наружу, в сторону от внешних источников и называется объективированием впечатлений. . . не подлежит ни малейшему сомнению, что эволюция ее идет об руку с расчленением и координированием мышечного чувства».[2]

[1] К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. XIV, стр. 452.
[2] И. М. Сеченов. Избр. филос. и психол. произв., стр. 433.

И. М. Сеченов поэтому утверждал, что «мышечные ощущения, помещаясь на поворотах чувствования, т. е. в промежутках между ощущениями иного рода, служат для них не только соединительными звеньями, но и определяют при объективировании ощущений взаимные отношения от внешних субстратов в пространстве и во времени».[1]

Однако мышечные ощущения неотделимы от мышцы и являются результатом дробного анализа ее состояния. Рефлекторная деятельность коры головного мозга своим конечным звеном имеет именно работу мышц, исполнительного аппарата головного мозга.

Вот почему И. М. Сеченов в своем знаменитом произведении «Рефлексы головного мозга» писал, что «все бесконечное разнообразие внешних проявлений мозговой деятельности сводится окончательно к одному роду явлений — мышечному движению. . , чтобы помочь читателю поскорее помириться с этой мыслью, я ему напомню рамку, созданную умом народа и в которую укладываются все вообще проявления мозговой деятельности. Рамка эта — слово и дело. Под делом народный ум разумеет, без сомнения, всякую внешнюю механическую деятельность человека, которая возможна лишь при посредстве мышц. А под словом вы... должны разуметь известное сочетание звуков, которые произведены в гортани и полости рта при посредстве опять тех же мышечных движений».[2]

Выдвижение И. М. Сеченовым проблемы мышечных ощущений в центр теории ощущений неразрывно связано с его материалистической рефлекторной теорией. От И. М. Сеченова начинается научная разработка этой проблемы, развитая в дальнейшем советскими учеными. В мышцах содержатся нервные окончания двух родов: 1) центробежные, или двигательные, по которым от мозга спускаются в мышцы нервные импульсы, и 2) центростремительные, или чувствительные, которые подают в мозг сигналы о совершаемом мышцами движении. Эти чувствительные нервные окончания в мышцах и являются рецепторами мышечных ощущений.

Считают, что от $1/3$ до $1/2$ всех волокон в нерве, соединяющем спинной мозг с мышцей, являются чувствительными, или центростремительными. Учитывая громадное число всех мышц человека, можно представить себе множество мышечных рецепторов. Последние находятся не только в мышечной ткани, но и в сухожилиях, капсулах мышц и сухожилий и т. д. В связи с этим рецепторы всего двигательного аппарата носят название мышечно-суставных. Они очень разнообразны по своему строению. В мышечной ткани находятся окончания Руффини, в сухожилиях аппараты Гольджи, в капсулах мышц и сухожилиях тельца Гольджи — Маццони и т. д.

Мышечно-суставные рецепторы разделяются на веретенообразные, сухожильные и соединительные. Веретенообразные окончания встречаются среди поперечнополосатых мышц. Каждое такое «веретено» имеет собственную оболочку, кровеносные и лимфатические

---

[1] И. М. Сеченов. Избр. филос. и психол. произв., стр. 433—434.
[2] Там же, стр. 71.

сосуды. Несколько нервных волокон разветвляются внутри этого «веретена», образуя сложные спирали, кольца и цветкообразные ветвления. Мышцы человека преимущественно характеризуются именно этими цветкообразными ветвлениями.

Величина веретенообразных окончаний различна в различных мышцах (от 0,05 до 13,0 мм). Наиболее многочисленны эти окончания в конечностях, особенно их крайних частях (пальцах рук и ног). В мышцах находятся рецепторы другого строения (голые нервные окончания, рассеянные между мышечными и сухожильными волокнами, болевые рецепторы в соединительнотканных образованиях). В сухожилиях имеются специальные рецепторы — веретенообразные образования (до 1,5 мм длиной), чаще всего расположенные у места соединения мышцы и сухожилия. Мышечно-суставные рецепторы возбуждаются при сокращении мышцы. Их *раздражителем* является поэтому *движение той или иной части тела.*

Во время перемещения какой-либо части тела имеют место движения в суставе: перемещение суставных поверхностей одной относительно другой, изменение натяжения связок, сухожилий, пассивное натяжение мышц. При движениях изменяется общий *тонус,* или напряжение, мышц, являющееся состоянием неполного сокращения, не сопровождающегося утомлением. Следовательно, изменение тонуса тех или иных мышц и связанных с ними сухожилий является специфическим раздражителем мышечно-суставных ощущений. Раздражение мышечно-суставных рецепторов тоническими изменениями передаются по чувствующим (или афферентным) путям в спинной мозг, а конечной станцией приема этих тонических импульсов служит кора головного мозга.

Мышечно-суставные рецепторы раздражаются тоническими изменениями преимущественно механическим способом. Их работа ближе всего стоит к работе кожно-механических рецепторов, с той разницей, что раздражителями последних являются механические свойства мышц и суставов (особенно упругие свойства мышечной ткани).

При тех или иных тонических изменениях происходит изменение кожи. Следовательно, на общем состоянии кожно-механических рецепторов отражается и общее состояние тонуса мышечного аппарата данной части тела. Как этот факт, так и непосредственная близость путей тактильных и мышечно-суставных чувствительных нервов свидетельствует об общности тактильных и мышечно-суставных рецепторов по их источникам и природе.

До межпозвоночных узлов пути кожных и мышечно-суставных чувствительных нервов идут вместе, не разделяясь. Волокна собственно мышечно-суставных чувствительных нервов берут начало в клетках межпозвоночных узлов. Центральные волокна этих узлов направляются к спинному мозгу в составе задних корешков. В месте вхождения в спинной мозг эти волокна делятся на короткие нисходящие и длинные восходящие ветви. Последние проходят весь спинной мозг до продолговатого, где они образуют два пучка, от них идут последовательно пути в средний мозг, зрительный бугор, а затем и в определенную область коры головного мозга. Часть путей напра-

вляется в мозжечок, имеющий важное значение для автоматической регуляции двигательных органов.

Проведение мышечно-суставных раздражений по этим путям характеризуется определенными токами действия, которые могут отводиться специальными электрофизиологическими аппаратами. Токи действия представляют собой колебания двухфазного и однофазного характера, возникающие при растяжении мышцы. Между отдельными импульсами токов действия интервал в 0,03″. При увеличении нагрузки на мышечное волокно значительно возрастает частота импульсов. Длительная неизменная нагрузка волокна приводит к медленному уменьшению частоты колебаний. Поэтому считают, что мышечно-суставные рецепторы адаптируются меньше, чем другие рецепторы, ввиду постоянных перемен тонуса мышцы или связанных с ней других групп мышц.

На токах действия, равно как и на всей работе рецепторов и проводящих путей, сказывается взаимодействие мышц, особенно их взаимное торможение при работе так называемых мышц-антагонистов (например сгибателей и разгибателей). Возбуждение центров сгибателей сопровождается торможением центров разгибателей и наоборот, причем такая форма взаимодействия происходит при непосредственном участии импульсов от мышечно-суставных рефлексов. Мышечно-суставные рецепторы и проводящие пути определяют создание и поддержание мышечного тонуса, без которого немыслимы никакие движения. Но чувствительные образования принимают непосредственное участие в выполнении и координировании всех двигательных актов, с чем связаны специальные рефлексы: на растяжение мышцы (миостатический рефлекс), сухожильные рефлексы (например коленный рефлекс), ритмические рефлекторные движения и т. д.

Степень сложности и *произвольности* движений, возбуждаемых работой мышечно-суставных рецепторов, зависит от того, какие нервные центры регулируют данные движения. Произвольные движения, расчлененные и совершенные, являются результатом высшего анализа и синтеза движений, производимых мозговым корковым концом двигательного анализатора.

Проблема корковой обусловленности мышечно-суставных ощущений была впервые поставлена и экспериментально разрешена И. П. Павловым и его сотрудниками. До работ И. П. Павлова большинство анатомов и физиологов полагало, что в коре головного мозга существует особая двигательная (моторная) область в передней части больших полушарий, которая регулирует все движения человека. При этом утверждалось, что двигательная область регулирует самые движения, но не имеет отношения к мышечно-суставным ощущениям. Так, например, Бродман разделил кору головного мозга на различные поля, в которых будто резко обособлена локализация движений (в наружной и отчасти передней центральной извилине) и локализация мышечно-суставных ощущений (в задней центральной извилине, совместо с кожными ощущениями).

В качестве доказательства того, что область передней центральной извилины является корковым центром движений, обычно ссыла-

лись на наступление паралича или пареза (ослабление силы и объема движений) при поражении этой области. Впрочем, В. М. Бехтерев[1] уже в 1899 г. показал, что так называемая двигательная область коры головного мозга имеет чувственные функции.

И. П. Павлов точными опытами доказал, что и двигательная область больших полушарий есть чувствующая область, подобно затылочной в отношении зрения, височной в отношении слуха.

В дальнейшем И. П. Павлов сформулировал общее положение, согласно которому большие полушария представляют собой совокупность анализаторов не только для внешней среды, но и для анализа внутренних явлений, как, например, двигательный анализатор.

По учению И. П. Павлова, двигательная область коры есть такой же анализатор «скелетодвигательной энергии организма», как другие области ее суть анализаторы разных видов внешней энергии, действующей на организм.

Однако нам уже известно, что механизм анализаторов неразрывно связан с основным нервным механизмом временных связей.

Высший анализ и синтез движений частей тела осуществляется в процессе образования и дифференцировки условно-двигательных рефлексов. Поведение человека складывается именно из условно-двигательных, а не из безусловно-двигательных рефлексов, существующих «в чистом виде» только в первые месяцы жизни ребенка. Все движения человека, начиная от походки и кончая артикуляционными движениями речедвигательного аппарата, являются индивидуально приобретенными, воспитанными и выученными. После того как выработались движения человека, последние становятся *автоматизированными,* но не являются автоматическими в смысле спинномозговой машинообразности прирожденных рефлексов. Одни условно-двигательные рефлексы вырабатываются на основе других (например, навык письма на основе навыка раздельного оперирования пальцами у ребенка в процессе игры или бытовых операций— держания ложки и т. д.). Лишь в самой первичной стадии эти условно-двигательные рефлексы вырабатываются на основе сочетания безусловно-двигательных рефлексов (например, держания предмета на базе сочетания различных внешних свойств предмета с двигательным рефлексом самого ребенка и т. д.).

Выработка условно-двигательных рефлексов осуществляется путем сочетания любого внешнего раздражителя (светового, звукового и др.) с двигательным рефлексом (ориентировочным, хватательным, оборонительным и др.). Данное положение было доказано В. М. Бехтеревым и его сотрудниками. Но факт образования таких сложнейших условно-двигательных систем еще не объясняет механизма самого двигательного анализатора. Важно было обосновать также, что может быть выработан условно-секреторный рефлекс на мышечно-суставные сигналы. Важно было выяснить, как мышечно-суставные сигналы приходят в кору головного мозга, анализируются ею и

---

[1] В. М. Бехтерев. О чувствующей функции так называемой двигательной области мозговой коры у человека. «Неврологический вестник», т. 7, вып. 3, 1899.

входят во временную связь с любой другой реакцией организма. Существенно было определить, что мышечно-суставные импульсы, как и любые импульсы со стороны рецепторов зрения, слуха и т. д., становятся условными раздражителями.

В 1911 г. И. П. Павлов и Н. И. Красногорский впервые дали экспериментальный ответ на эти вопросы. Они создавали условный раздражитель из сгибания плюсно-фалангового сустава, подкрепляя его пищевым раздражителем. Сгибание другого (голеностопного) сустава не подкреплялось пищей. В проведенных опытах был получен точный ответ на поставленный вопрос, так как условный слюнный рефлекс вырабатывался на сгибание плюсно-фалангового сустава, а на сгибание голеностопного сустава была получена дифференцировка, т. е. тормозная реакция.

Этим было впервые доказано, что, во-первых, кора головного мозга дифференцирует (производит высший анализ) мышечно-суставные сигналы и, во-вторых, анализируемые корой мышечно-суставные сигналы могут входить в любую временную связь с любой внешней реакцией (не только двигательной, но и секреторной). Иначе говоря, кора головного мозга анализирует бесконечные сигналы от работающих мышц и сухожилий, т. е. от скелетно-двигательной энергии организма.

Что же касается двигательного аппарата как такового, то он является лишь *исполнительным* прибором, откликающимся на «приказы» коры головного мозга, причем различные импульсы из коры могут выполняться одним и тем же прибором (например в акте дыхания, потребления пищи, кашля и т. д. участвует часть тех же мышц, сухожилий и связок, которые входят в состав речедвигательного аппарата человека). И, наоборот, одни и те же действия могут выполняться разными двигательными приборами (например человек может писать не только правой, но и левой рукой, а в случае поражения рук — ногой или ртом и т. д.), одни и те же движения могут выполняться разными группами мышц и т. д.

Двигательный анализатор человека определяет сложность, подвижность и пластичность двигательного аппарата, возможность его постоянной перестройки и многостороннего использования.

Доказано, что мозговой конец двигательного анализатора, как и любой анализатор, состоит из ядра и рассеянных элементов, расположенных далеко за пределами двигательной области. Этим объясняется чрезвычайная пластичность, замещаемость пораженных функций другими, вырабатываемыми на основе условных рефлексов. Возможность восстановления пораженных сложных действий человека при поражении двигательной области больших полушарий была доказана в годы Великой Отечественной войны в наших советских эвакогоспиталях. Опыты, проводимые в данной области, обнаружили, что двигательные параличи действительно являются параличами анализатора движений. Восстановление *анализа* движения приводило к тому или иному восстановлению утраченных движений.

Анатомия мозга и клиника мозговых заболеваний рассматривают в качестве центра произвольных или сознательных движений

область передней центральной извилины, а также примыкающие к ней зоны. В одном из полей этой области находятся гигантские пирамидальные клетки, названные по имени открывшего их русского анатома клетками Беца, от которых начинается так называемый пирамидный путь. Дело в том, что от клеток Беца отходят аксоны (осевоцилиндрические отростки, дающие начало нервному волокну), которые, образуя пирамидные пучки, идут вниз и достигают спинного мозга. На пути через продолговатый мозг они образуют перекрест, т. е. от правого полушария направляются в левую половину тела, от левого полушария — в правую. Перекрест пирамидных пучков является границей между продолговатым и спинным мозгом. Однако этот перекрест неполный, а потому в спинном мозгу имеются два пирамидных пучка — прямой и перекрестный. Волокна пирамидного пути, проходя вдоль спинного мозга, оканчиваются в его передних рогах, передавая импульсы расположенным здесь клеткам, а через их аксоны — мышцам.

Этот пирамидный путь от передней центральной извилины коры головного мозга до спинного мозга, а через него — до мышц является путем двигательным или центробежным. Однако то обстоятельство, что в нерве, соединяющем спинной мозг и мышцы, имеется 112—113 чувствительных волокон, а также то, что в целом двигательная область понимается И. П. Павловым как область двигательного анализатора, позволяет думать, что данный путь служит путем проведения чувствительных импульсов в кору головного мозга. С этим, очевидно, связана чрезвычайная расчлененность корковой регуляции движений отдельных частей тела человека. Подобная расчлененность была бы невозможна без дробного анализа движений со стороны коры головного мозга человека. Указанное обстоятельство необходимо подчеркнуть потому, что каждое *элементарное* произвольное движение человека является индивидуально приобретенной, условнорефлекторной по своему происхождению. В связи с этим так называемый двигательный центр в коре головного мозга *формируется* в течение жизни, а разделение функций в данной области целиком является продуктом анализа и синтеза в работе коры головного мозга. Это необходимо отметить также для того, чтобы понять расчлененный, дифференцированный характер двигательной области человека.

Характерно, что общее расположение специальных центров различных движений такое же, как и в области задней центральной извилины (ядро кожно-механического анализатора и собственно «мышечного чувства»). Выше всего расположен центр большого пальца ноги, ниже следуют центры стопы, голени, бедра, живота, груди, лопатки, плеча, предплечья, кисти руки, мизинца, безымянного, среднего, указательного, большого пальцев руки, далее еще ниже — шеи, лба, верхней части лица, нижней части лица, языка, жевательных мышц, глотки и, наконец, гортани.

Интересно отметить, что наиболее дифференцированной является корковая регуляция движений *пальцев* рук. Двигательная область (моторная) тесно связана с самыми передними частями лобных до-

лей (премоторной областью), с которыми в свою очередь связана регуляция речедвигательных функций в целом, а также сложных действий мыслительных процессов.

Локализация двигательных расчлененных функций является относительной, замещение функций в данной области весьма многообразно, что свидетельствует о роли рассеянных элементов каждой из этих частей двигательного анализатора человека. Как и любой анализатор, двигательный анализатор *двуединый*. Двуединство двигательного анализатора человека является особенно сложным, так как функциональное неравенство двигательных аппаратов обеих сторон тела человека исключительно велико.

Известно, что правшество и левшество составляют важнейший факт двигательного развития человека. Функциональное разделение правой и левой сторон имеется только у человека и связано с прямохождением — вертикальным положением тела, с разделением функций между обеими руками (из которых одна — правая — выполняет основную работу — операцию, другая — левая — вспомогательные). Функциональное неравенство некоторые ученые трактовали неверно; учитывая перекрестный характер путей пирамидного тракта, они полагали, что каждая из рук регулируется только одним полушарием (правая рука — левым, левая рука — правым). В действительности же перекрест этот является частичным, неполным, а работа каждой руки является продуктом совместной деятельности обоих полушарий. Запись биоэлектрических токов в двигательной области правого и левого полушарий при произвольных движениях правой и левой рук (А. В. Идельсоном в нашей лаборатории) показала, что при простых движениях правой руки появляются активные токи действия в левом полушарии, но с усложнением произвольных движений токи действия появляются и в одноименном (правом) полушарии.

Об этом же факте свидетельствуют многие случаи восстановления движений правой руки при поражении двигательной области ее центров в левом полушарии; замещение функций возможно потому, что *рассеянные элементы* двигательного анализатора левой руки находятся и в левом полушарии, а правой руки — в правом полушарии.

То же самое следует сказать и про двигательный центр речи (так называемый центр Брока), расположенный в задней трети лобной извилины левого полушария. Этот центр представляет собой ядро двигательного анализатора речевых движений, рассеянные элементы которого находятся и в правом полушарии у правшей (у левшей этот центр находится в правом полушарии).

Как и в остальных анализаторах, каждое полушарие работает относительно самостоятельно, являясь специальным «центром» противоположной стороны двигательного аппарата тела. Но не менее, а более важно то обстоятельство, что они работают совместно, координированно, причем парность работы зависит от ее необходимости, диктуемой характером деятельности человека. Что совместная деятельность рук (а следовательно, обоих полушарий) является общим условием работоспособности каждой *отдельной* руки, показал еще

И. М. Сеченов. В 1902 г. им было установлено, что восстановление работоспособности правой руки (после затраты большой мышечной энергии) происходило не тогда, когда все тело человека отдыхало, а когда во время перерыва работала левая рука. И. М. Сеченов подчеркивал, что это положение относится к правшам, для которых работа левой руки оказалась условием восстановления работоспособности правой руки, и объяснил приведенный факт наличием «заряжения энергией нервных центров». Ясно, что мышечно-суставные импульсы левой руки, возникавшие при ее работе, *передавались* в центры правой руки, т. е. имела место иррадиация возбуждения в обоих полушариях головного мозга.

Сопряженные токи действия неработающей в данный момент руки или ее коркового центра являются *заторможенными* (сравнительно с токами действия работающей руки).

Как и во всех остальных анализаторах, при взаимодействии обоих полушарий происходит взаимная индукция нервных процессов. «Ведущая рука» есть результат отрицательной индукции, при которой возбуждение ядра двигательного анализатора левого полушария вызывает торможение ядра правой части двигательного анализатора, регулирующего работу левой руки. Но как и во всех анализаторах, ведущая сторона не является абсолютной и неизменной, приуроченной только к одному из полушарий. Правша в действительности в целом ряде операций (например при подымании и удержании тяжести, при держании предметов и т. д.), когда отрицательная индукция распространяется от правого полушария к левому, активно действует левой рукой.

Необходимо далее отметить, что именно торможение одного из полушарий составляет условие создания очага возбуждения в другом (т. е. положительной индукции). Поэтому работа одной стороны двигательного анализатора невозможна без взаимодействия с противоположной стороной данного анализатора. При так называемых гемиплегиях (односторонних двигательных поражениях по всей данной стороне тела) имеется не только выпадение двигательных функций пораженной стороны, но и резкое ограничение объема, скорости и сложности движений сохранной стороны тела.

В случаях так называемой гемиплегии проявляется расстройство различения *направления движений,* точной координации руки и предмета, т. е. *пространственных* соотношений. Такие больные как бы заново ориентируются в пространстве, причем проходят длительный путь восстановления сложных пространственных функций руки. Можно полагать, что двуединство двигательного анализатора, выражающееся в парной работе обоих полушарий и взаимной индукции возникающих в них процессов, имеет особое значение в анализе пространственных компонентов самих движений человека и его ориентации в пространстве внешнего мира. Иначе говоря, двигательный анализатор человека вполне подчиняется общему закону развития анализатора человека вообще.

Пространственными моментами различных мышечно-суставных

ощущений являются: 1) анализ расстояний, 2) анализ направлений. Временными компонентами служат: 1) анализ длительности и 2) анализ скоростей движения.

При активном движении руки, оперирующей предметом и орудием труда, возникают важнейшие свойства мышечно-суставных ощущений. К числу их относятся: 1) отражение твердости и непроницаемости внешнего предмета, с которым совершается то или иное движение руки человека, 2) отражение упругости этого предмета, 3) отражение веса предмета, т. е. *ощущение тяжести*. Через оценку мускульного усилия ощущения сигнализируют о механических свойствах внешних тел, которыми активно оперирует человек в своей деятельности. Данные ощущения возникают в процессе отражения сопротивления внешних тел воздействию на них человека.

Таким образом, мышечно-суставные ощущения отражают не только состояние внутренних элементов деятельности человека, но и объективные свойства *предметов и орудий* этой деятельности, т. е. являются формой отражения объективной деятельности.

Благодаря пространственным компонентам мышечно-суставных ощущений последствия представляют собой, по выражению И. М. Сеченова, *дробный анализатор времени и пространства внешнего мира.*

Г. Х. Кекчеев установил, что ускорение или замедление движений, т. е. их длительность и скорость, отражаются на точности распознавания пространственных признаков движения (их протяженности и направления). Медленно совершаемые движения дают наибольшее число ошибок в распознавании не только длительности движений (переоценка длительности), но и пространства. Замедленные движения труднее для анализа их протяженности и направления. Однако при всяких скоростях пространственных ошибок меньше, чем временных.

Если отвлечься от скорости движений и установить роль размера движений руки (их размаха) в точности распознавания пространственных и временных моментов движений, то окажется, по Г. Х. Кекчееву, что с увеличением размаха движений точность распознавания их протяженности и направления возрастает, т. е. чувствительность в этом отношении повышается. Напротив, при увеличении размаха движений точность распознавания временных моментов движения (его длительности и скорости) понижается. Следовательно, в мышечно-суставных ощущениях мы имеем дробный и специальный анализ пространственно-временных признаков, совершаемых опредмеченных движений, т. е. оперирующих с теми или иными вещами внешнего мира.

Пространственно-временная координация в движениях человека осуществляется на основе сочетания кинестетического и зрительного анализа. У зрячего человека эти движения совершаются под контролем зрения в условиях прочной связи, так называемой зрительно-моторной координации. Рука зрячего человека при действиях с закрытыми глазами больше связана в отношении радиуса действия, чем у

слепорожденного. На расстоянии от 15 до 35 см от средней точки тела рука зрячего человека даст наиболее точные сигналы о месте, направлении и размахе движений. За пределами этой зоны начинаются возрастающие трудности, особенно для расстояний больше чем 40—50 см от тела. Чрезвычайно затруднительными для анализа являются движения вперед и налево (для правой руки). Данные Г. Х. Кекчеева в нашей лаборатории подтвердила Г. П. Позднова, показавшая, что существуют различия между правой и левой руками у одного и того же человека.

Этот факт указывает на наличие зависимости анализа движений от общих мышечно-суставных ощущений положения частей тела. Еще более велика связь между мышечно-суставными ощущениями и зрением. В начале обучения новым движениям у человека они совершаются под контролем зрения, но с образованием двигательных навыков контроль над движением переносится на мышечно-суставные ощущения, от точности которых зависит и точность привычных движений. Поэтому воспитание мышечно-суставных ощущений рук является общим и важнейшим условием повышения скорости и точности любых движений человека, т. е. условием повышения производительности его движений.

Из наблюдений за развитием ребенка в период 8 месяцев — 1 года 2 месяцев жизни известно, какой сложный и трудный процесс представляет собой становление, или формирование, ходьбы. Этому предшествуют у ребенка переходы от лежачего положения к сидячему (с формированием постоянного тонуса мышц головы, шеи, спины, рук), к стоянию при поддержке взрослого или опоры, ползанию, затем некоординированной ходьбе (одновременно двумя ногами с наклоном вперед, что влечет падение тела) и т. д. Несколько месяцев взрослые специально тренируют ребенка на акте самостоятельной ходьбы, способствуя тем самым образованию необходимых для этого акта корковых механизмов. Но и после того как ребенок стал самостоятельно ходить, движения его долго еще бывают неустойчивыми, слабыми, некоординированными; в силу этого ребенок чрезвычайно утомляется в результате большой затраты мышечной энергии.

Овладение актом ходьбы — сложнейший и длительный процесс образования цельной системы деятельности опорно-двигательного аппарата человека. С образованием данной системы изменяется все поведение ребенка: резко усиливается раньше лишь намеченное функциональное неравенство правой и левой рук, ускоренно развивается их предметная деятельность, складывается типичная для человека зрительно-моторная координация, а само зрение расширяется как по полю обозрения (поле зрения), так и по пространственным направлениям. Благодаря практическому перемещению в пространстве ребенок соприкасается со значительно большим кругом вещей и их свойств, чем это было в неподвижном, лежачем положении младенца и т. д. Вместе с самостоятельной ходьбой ребенка резкий толчок в развитии получают зрение и осязание. Начинает развиваться слуховая ориентация в пространстве и т. д.

Под влиянием ходьбы ускоряется и процесс созревания речедвигательного аппарата, предпосылки которого заключены в постепенном развитии голоса и артикуляции ребенка (в модуляции голоса, плаче и криках, гудении и лепете). Очевидно, резкое увеличение импульсов от движения всего тела при ходьбе является условием, способствующим образованию самой тонкой и дифференцированной системы речевых движений.

Можно считать, что ходьба — по определению И. М. Сеченова, «дробный анализатор пространства и времени», — осуществляется благодаря единству двигательного анализатора всего тела и механизмов временных связей. Относительно последних известно, что все составные элементы ходьбы являются движениями, выученными и произвольными. Первоначально тренируется каждый элемент ходьбы, причем эта тренировка осуществляется благодаря расчленению отдельного движения на все составные части. В процессе образования и упрочения двигательного навыка синтезируется, обобщается комплекс раздельных движений. Так возникает, например, «одиночный шаг» — как результат сложившейся координации движений обеих ног, т. е. синтеза этих движений. Но созданию такого синтеза предшествовал высший корковый анализ раздельных движений голеностопного и тазобедренного суставов и всех других частей тела, участвующих в ходьбе. «Одиночный шаг» представляет собой чувственный измеритель пространства, по которому перемещается человек с той или иной скоростью. Момент ускорения шага изменяет соотношение фаз движения обеих ног, разность между ними вызывает, посредством мышечно-суставных ощущений, со стороны коры головного мозга *срочную реакцию*, обеспечивающую равновесие тела и сохранение центра тяжести, обусловливающего нормальное положение тела во время движения в пространстве. В этом акте принимает участие все тело, причем координация движений отдельных его частей является с начала и до конца условнорефлекторной.

Во время ходьбы имеют место взаимосвязанные вертикальные перемещения головы, центра тяжести тела, плечевого и тазобедренного суставов. С этими изменениями в свою очередь связаны моменты инерции вращающего момента переносной ноги относительно тазобедренного и коленного суставов опорной ноги. Движения голеностопного сустава переносной (в данный момент) и опорной (также в данный момент) ноги являются как бы результирующей величиной относительно всей совокупности движений тела.

Обобщенный характер движения во время ходьбы определяет то положение, что при ней не обнаруживается столь резкое постоянное функциональное неравенство между обеими конечностями, которое существует между руками. Однако в процессе ходьбы имеет место *переменное* функциональное неравенство в так называемом «двойном шаге» — сочетании периодов опоры и переноса ноги. Для опоры ноги при нормальной ходьбе требуется 0,37 секунды (на 1 м пути), для переноса ноги — 0,20—0,22 секунды. Чередование для *каждой* ноги периодов опоры и переноса устраняет постоянство

функционального неравенства, но создает в каждый отдельный момент *разность сигналов* от движущихся ног, из которых в отдельный момент времени одна находится в статическом (опора), другая в динамическом напряжении.

Ходьба сопровождается сопряженными движениями рук. Рука какой-нибудь стороны перемещается в противоположную сторону движения ноги той же стороны (например правая рука перемещается назад, когда правая нога перемещается вперед). Локтевой угол больше развивается и меньше сгибается при обычной ходьбе благодаря смене последовательных положений плеча и предплечья. При спортивной ходьбе локтевой угол ближе к прямому. При нормальной ходьбе угол коленного сустава не превышает 180°. Вертикальные перемещения плечевого и тазобедренного суставов происходят одновременно и в одном направлении.

Результатом всех этих изменений является образование углов движущегося голеностопного сустава. Голеностопный угол имеет наибольшую величину перед началом переноса ноги и наименьшую величину — в конце одиночной опоры. Для обычной ходьбы максимальное значение голеностопного сустава 128—132°, а минимальное — 90—103°. Каждый акт ходьбы, таким образом, осуществляется системой координированных *во времени и пространстве* движений всех частей тела, определяющих соотношение динамического и статического напряжения в опорно-двигательном аппарате человека. Основой такой координации является срочная системная реакция коры на множество сигналов от всех частей двигательного аппарата. Дифференцировка этих сигналов составляет основу различительной чувствительности опорно-двигательного аппарата.

Об исключительной сенсибилизации этой формы чувствительности свидетельствуют факты высокого развития техники спортивной и военной ходьбы, бега, футбольной игры, плавания, лыжных переходов. Исследования А. Ц. Пуни культуры мышечно-суставных ощущений у лыжников показало рост этой чувствительности у мастеров лыжного спорта в $1^1/_2$—2 раза по сравнению с обычными лыжниками. То же отмечалось и в отношении мастеров бега, прыжков и т. д.

Коснемся еще некоторых специальных и дополнительных материалов к вопросу о кинестетическом ощущении тяжести тел. Исследования показали высокую упражняемость, следовательно сенсибилизацию, ощущения тяжести и усилия, т. е. преодоление сопротивления внешнего тела при работе с ним, а также отражение его упругих свойств. Такая сенсибилизация имеет место особенно при работах со взвешиванием тел, определением их тяжести, упругих свойств, размеров.

Опытный продавец точно рассчитывает при взвешивании заготовку продуктов, ошибаясь крайне незначительно; рабочие заготовительных цехов достигают большой экономии материалов не только за счет глазомера, но и вследствие развитой различительной мышечно-суставной чувствительности. Особенно характерно преодоление различий, которые возникают при ощущении тяжести путем одно-

временного взвешивания обеими руками. Без специальной тренировки при этом обычно обнаруживается иллюзия или ошибка восприятия, заключающаяся (особенно при действиях с открытыми глазами) в том, что каждая из рук дает неодинаковые показания. Как установил П. Хачапуридзе в лаборатории Д. Н. Узнадзе, левая рука у правшей нередко переоценивает действительную тяжесть ровной фигуры. При тренировке эта иллюзия снимается, обе руки дают тождественные или близкие показания. Различия мышечно-суставных ощущений обеих рук особенно проявляются при *активном осязании* или *ощупывании двумя руками одновременно.* Вначале от одного предмета возникают два раздельных образа правой и левой сторон соответственно работе рук. Лишь в результате тренировки образ сливается в единый образ предмета, как это показано было нами совместно с А. Н. Давыдовой. Подобное «двоение» образа возникает не при разновременных, поочередных действиях рук, а лишь при одновременных, что указывает на трудность выработки *общего ритма* движения и одновременного равного возбуждения обеих рук. При асинхронных движениях это явление снимается.

О ведущей роли мышечно-суставных ощущений в активном осязании свидетельствует тот факт, что и при выключении тактильной чувствительности вполне возможно точное распознавание формы и упругости ощупываемых предметов.

А. В. Запорожец показал, что при закрытых глазах и посредством «орудия» (палки, карандаша и т. д.), т. е. без участия кожной чувствительности, человек может точно распознать величину, форму, упругие свойства внешних предметов. Опыты А. В. Ярмоленко и Н. Г. Панцырной в нашей лаборатории выявили, что в подобных условиях обведение указкой предмета правой рукой дает точное отражение контура, т. е. пространственных границ предмета. Требуется особое приспособление со стороны левой руки для того, чтобы у правшей оно дало аналогичные результаты.

Опыты в нашей лаборатории вообще свидетельствуют, что правая, ведущая рука у правшей характеризуется более высокой различительной чувствительностью в распознавании предметных и пространственно-временных свойств ощупываемых предметов. Но при этом статическое напряжение левой руки или ее частичное динамическое напряжение, как мы видим, усиливает различительную работу правой руки.

Сенсибилизация остроты мышечно-суставных ощущений правой руки была установлена А. Ц. Пуни при изучении различных видов спортивной техники. Особенно это относится к фехтовальному спорту. Его опыты дают точное представление о росте остроты данных ощущений и прицельной способности правой руки. Им показано, что острота мышечно-суставных ощущений повышается неравномерно. После 3½ месяцев занятий по фехтованию острота повысилась при движениях в лучезапястном сочленении на 25%, а при движении в локтевом суставе — на 40%. Количество точных попаданий в цель возросло на 81,3%.

Эти данные представляют интерес особенно потому, что они являются показателями повышения точности направления и локализации сложных движений, т. е. точности пространственной дифференцировки в области двигательного анализатора. Общая совокупность условных рефлексов с данного анализатора выполняет важную роль в ориентировке человека в пространстве окружающего мира.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

РОЛЬ ОЩУЩЕНИЙ РАВНОВЕСИЯ В ПРОСТРАНСТВЕННОМ РАЗЛИЧЕНИИ

Историческое, общественно-трудовое преобразование природы человека поставило человеческий организм в новые отношения к окружающему пространству внешнего мира. Прямохождение и вертикальное положение тела по отношению к плоскости Земли, трудовые действия рук, членораздельная речь и новые функции всех анализаторов — все это продукты общественно-трудового изменения человеческого организма, развившиеся в процессе общественно-трудового воздействия человека на внешний мир. В каждом акте такого воздействия человеческое тело само испытывает множество раздражений со стороны окружающего мира и изменяющейся внутренней среды организма. В любом своем действии человек *перемещается* в пространстве, причем сохраняет равновесие своего тела, а тем самым и свое постоянное вертикальное положение. Это перемещение происходит в разных формах: поступательной, вращательной, колебательной и т. д. В мозг человека непрерывно поступают сигналы о различных изменениях положения тела, и он обеспечивает восстановление равновесия тела при любой форме перемещения. Каждое из целостных перемещений человеческого тела характеризуется различной *скоростью*, причем *ускорение* движения происходит с переменными величинами времени.

Благодаря росту производства общество получает все новые и новые средства передвижения и *ускорения перемещения человека в пространстве*. Еще в глубокой древности люди использовали конную и иную животную тягу в качестве средства передвижения и ускорения движения. Техника передвижения и ускорения прошла сложный исторический путь от конной тяги до рельсового и безрельсового, водного и воздушного транспорта. Современная транспортная техника изменяет характер сигнализации о равновесии тела в процессе движения. Человек теперь перемещается со все большими ускорениями, причем эти ускорения он испытывает при относительно неподвижном положении тела. Так, летчик или пассажир самолета,

шофер или пассажир автомобиля и т. д. испытывают не только изменение равновесия тела в узком смысле слова (например при вертикальном перемещении кузова машины при подъеме в высоту или при приземлении самолета), но и ускорение движения машины в одной и той же плоскости горизонтального перемещения. Если в первом случае имеется также изменение общего тонуса мышц и интенсивная мышечно-суставная сигнализация, то во втором случае возникают несводимые к мышечно-суставным ощущениям особые ощущения ускорения. Этими ощущениями и являются ощущения статико-динамические, или ощущения общего положения тела в процессе движения.

Можно сказать, что прогресс транспортной техники вызвал к жизни особое развитие этих ощущений, тесно связанных с мышечно-суставным чувством и зрительной ориентировкой в пространстве. Как увидим далее, человек осознает равновесие тела постольку, поскольку оно нарушается, изменяется при изменении положения тела. Человек ощущает ускорение постольку, поскольку оно не постоянно, а *переменно,* т. е. ощущает *перемену скоростей* (с большой на малую и наоборот), причем важнейшую роль в этих ощущениях играют *контрастные соотношения* положений тела и ускорения. Так, человек испытывает статические ощущения при резкой смене горизонтального положения на вертикальное (например быстро вскакивая с постели) или при резкой смене ускорения.

Постоянное положение тела и постоянная скорость человеком обычно не ощущаются, поскольку мозговая регуляция этих состояний осуществляется автоматически, безусловнорефлекторно, низшими отделами центральной нервной системы. До коры головного мозга сигналы о положении тела и ускорениях доходят в обобщенном виде и в тех случаях, когда требуется срочная реакция организма человека на изменения положения тела в соответствии с требованием его деятельности.

Известно, что вестибулярный аппарат, являющийся периферическим органом восприятия этих ощущений, состоит из двух групп рецепторов. Первая группа представлена множеством волосковых клеток, выстилающих поверхность полукружных каналов во внутреннем ухе. В каналах находится жидкость, так называемая эндолимфа, которая перемещается при изменении положения человека в пространстве (при смене вертикального положения на горизонтальное, при наклоне тела и т. д.). Перемещения эндолимфы раздражают волосковые клетки полукружных каналов, причем считается, что это раздражение носит не только механический характер, что ему свойственны также определенные электрические явления (токи действия). Вторая группа рецепторов связана с отолитами, или так называемыми слуховыми камешками, расположенными в преддверии внутреннего уха.

Деятельность обеих групп вестибулярных рецепторов взаимосвязана. Предполагается, однако, что рецепторная функция полукружных каналов специально заключается в сигнализации ускорения движений тела.

При соответствующих экспериментальных пробах возникают два рода явлений с противоположными пространственными знаками: 1) нистагм, или непроизвольные судорожные дрожательные движения глазных яблок, направленные в сторону, *противоположную* бывшему движению, и 2) рефлекторное наклонение головы и туловища в *ту же* сторону, что и бывшее движение.

Вращение возбуждает оба вестибулярных аппарата (правого и левого ушей), но больше возбуждается тот аппарат, который являлся *противоположным стороне движения.* Поэтому левосторонний нистагм возникает при вращении *вправо* и обусловливается левым вестибулярным аппаратом. Правосторонний нистагм возникает при вращении *влево* и обусловливается правым вестибулярным аппаратом. По интенсивности и продолжительности нистагма при вращении в ту и другую сторону судят о том, какая сторона поражена.

Рецепторная функция полукружных каналов выступает в виде сигнализации общего движения тела и его ускорения. Общими признаками этой функции являются нистагм и рефлекторные движения головы, шеи, туловища и рук.

Рефлекторная функция отолитов, повидимому, заключается в первичном анализе изменения положения тела по отношению к плоскости опоры. С целью исследования рецепторных функций отолитов применяется подвижной стол, наклон которого может меняться (по определенной измерительной шкале в градусах). На такой стол помещают человека (в положении сидя, стоя, лежа и т. д.) и изучают его реакции на внезапное перемещение плоскости опоры, изменение положения тела. Как можно заметить, функция вестибулярных рецепторов выступает особенно в таких условиях, когда само тело человека относительно неподвижно, но изменяется либо *направление* плоскости внешней опоры человеческого тела, либо *скорость* движения опоры. При кажущейся неподвижности человеческого тела в условиях движущейся опоры имеет место *движение* эндолимфы в полукружных каналах и движение отолитов. Установлено, что это движение совершается *апериодически.* С обоих вестибулярных аппаратов в мозг поступают несколько нетождественные сигналы об изменении равновесия. Разность сигналов является важным условием образования статических ощущений. Хотя сами вестибулярные рецепторы находятся во внутренней среде организма, *сигнализация* их, возникающая при изменениях внутреннего уха под влиянием внешних раздражений, носит характер сигнализации о внешних изменениях человеческого тела в окружающем его пространстве.

Поэтому, как впервые установил В. М. Бехтерев, вестибулярная функция является составной частью ориентации человека в пространстве внешнего мира, играющей важную роль в анализаторной работе коры головного мозга человека.

В глубине внутреннего слухового прохода находится особый ганглий (скопление нервных клеток), состоящий из клеток периферического нерва, отолитов и полукружных каналов. Отсюда, из внутреннего слухового прохода волокна этого ганглия и слухового нерва идут вместе, образуя восьмую пару черепномозговых нервов. При

входе в задний мозг они делятся на две ветви: вестибулярную и слуховую. Вестибулярная ветвь расходится по трем направлениям, оканчиваясь соответственно в каждом из них. Первое разветвление имеет окончание внутри от так называемого веревчатого тела в слуховой области больших полушарий головного мозга; второе — в ядре Бехтерева, расположенном между дном четвертого мозгового желудочка и задней мозжечковой ножкой; третье — в ядре Дейдетса, лежащем ниже первых двух. Из ядра Дейдетса аксоны клеток направляются в спинной мозг, оканчиваясь у периферического двигательного нерва. От первых двух ветвей (в слуховом бугорке и ядре Бехтерева) волокна вестибулярного нерва следуют через заднюю мозжечковую ножку в так называемый червь мозжечка и к ядрам глазодвигательного нерва, расположенным в среднем мозгу. Волокна идут в восходящем и нисходящем порядке, связывая воедино кору головного мозга и нижележащие его отделы. Эта связь обеспечивает увязку вестибулярных рефлексов с рефлекторными движениями глаз. Перекрест вестибулярных нервов совершается у зрительного бугра, причем перекрест этот неполный. Здесь налицо двустороннее представительство в каждом из полушарий головного мозга, что имеет большое функциональное значение для образования такой общей реакции организма, какой являются *рефлексы равновесия*.

Рефлексы равновесия, осуществляемые с помощью вестибулярной системы, противостоят действию земного притяжения на массу тела. Они возвращают центр тяжести в такое положение, когда он вновь становится на площадь опоры. «Рефлекс равновесия, осуществляемый с помощью вестибулярной системы, *восстанавливает* нарушенное равновесие. Дальнейшее развитие этого рефлекса последовало в том же направлении, в каком развивалась и вся рефлекторная деятельность от *исправления* нарушенного к *предупреждению* нарушения».[1]

В превращении рефлекса на нарушение равновесия в рефлекторное сохранение равновесия большую роль сыграло развитие мозжечка, особенно его средней части (так называемого червя мозжечка). В нем связываются непосредственно импульсы, идущие от вестибулярных и мышечно-суставных рецепторов, благодаря чему обеспечивается ответное движение — перемещение центра тяжести на ту же величину в прямо противоположном направлении. При поражении мозжечка эти связи и дополнительные мозжечковые движения (так называемые синергии) утрачиваются, вследствие чего теряется равновесие, наступает мозжечковая атаксия (расстройство согласованности в движениях различных групп мышц, выражающееся в беспорядочности, порывистости, непоследовательности движений). У такого больного шатающаяся походка, постоянное нарушение равновесия каждый раз восстанавливается вестибулярным аппаратом и сетевидной формацией заднего мозга. Из клиники известно, что в постоянстве равновесия исключительную роль играет первичный

[1] Е. К. Сепп, Б. М. Цукер, Б. В. Шмидт. Нервные болезни. М., 1950, стр. 108.

синтез вестибулярных и мышечно-суставных сигналов мозжечком, который передает большим полушариям головного мозга уже относительно обобщенные сигналы о положении тела и скорости его движения в пространстве.

Кора головного мозга регулирует вестибулярные функции условнорефлекторно. Это значит, что наиболее тонкие и сложные установки человеческого тела на постоянное сохранение равновесия, а также сохранение постоянного положения тела в пространстве при любых скоростях движения *образуются* в индивидуальной жизни, вырабатываются, приобретаются опытом индивида.

Вестибулярные рефлексы сочетаются с любым внешним условным раздражителем и возникают при действии не только безусловного раздражителя (утрата равновесия, т. е. утрата опоры тела), но и условных раздражителей, с которыми связана перемена положения тела.

Замыкание временных связей между вестибулярными рефлексами и условными раздражителями чаще всего происходит в жизни человека в отношении связей между вестибулярным аппаратом и зрительной ориентацией в пространстве. Вследствие этого образуется прочная так называемая оптико-вестибулярная связь, при которой сигналы со стороны зрительного анализатора вызывают предваряющие изменения положения тела, условно-вестибулярные и мышечно-суставные рефлексы. Межцентральные связи между различными анализаторами и мозговым концом вестибулярного анализатора в височных областях коры головного мозга обусловливают общие установки тела по отношению к плоскости опоры и ускорению движения тела и его опоры.

У зрячего человека зрительная ориентировка в пространстве является ведущей и поэтому у него данные установки, включающие вестибулярный механизм, образуются по сигналам с глаз. «Глаза посредством своих влияний на тонические центры управляют установками тела».[1]

Для развития условнорефлекторных установок тела имеют большое значение вестибулярно-слуховые связи в ориентировке человека в пространстве.

Превращение вестибулярных сигналов из неощущаемых в ощущаемые происходит не непрерывно во все время движения тела, а лишь в известные моменты. Человек с закрытыми глазами при *равномерном* движении ощущает это движение лишь в начале и конце, т. е. ощущает переход от покоя к движению и от движения к покою. При неравномерном движении человек испытывает значительно больше статических ощущений, чем при равномерном движении. Но и в случае неравномерного движения им ощущается не самая скорость движения, а положительное или отрицательное ускорение, а также изменение направления скорости движения, особенно при подъеме и спуске.

---

[1] А. А. Ухтомский. Соч.. т. IV, стр. 171

Развитие наблюдательской позы человека, с максимальным сосредоточением на зрительном и слуховом восприятии окружающего пространства, имеет одним из условий различительную деятельность коры головного мозга в отношении *перемен* положения тела в среде и ускорения движения тела человека или подвижной опоры для его тела, перемещающейся в пространстве с переменными скоростями.

Статико-динамические ощущения отражают *изменения положения тела* относительно неподвижной или перемещающейся опоры (прежде всего горизонтальной плоскости Земли) и *перемены ускорения* движущегося человеческого тела в пространстве.

Равномерное прямолинейное движение не ощущается, хотя рефлекторная регуляция постоянства равновесия обеспечивает его сохранение. В тех случаях, когда перемещение тела вызывает изменение скорости движения и действие центробежных сил на тело, возникают и дифференцируются различные статические ощущения.

С развитием транспортной техники все более распространяются пассивные перемещения тела за счет перемещения его движущейся внешней опоры. Сигналы от этой формы перемещения тела приобретают особое значение в условиях ограничения зрительной ориентировки в пространстве (например при полетах самолета, особенно при так называемых слепых полетах в условиях тумана, ночи или большой высоты). Статические ощущения, возникающие при движении тела и переменах ускорения, отражают не только положение человеческого тела в пространстве, по которому и относительно которого совершаются движения, но и *пространственные* признаки окружающей среды, по которой движется человек, а именно: вертикальное или горизонтальное положение *внешней* опоры тела, вертикальное или горизонтальное расположение предметов, оказывающих влияние на положение этой опоры, различные внешние факторы ускорения движения тела и т. д. Обычно (при открытых глазах) статические ощущения выступают в неразрывной связи со зрительной и мышечно-суставной ориентировкой в пространстве. Вслед за В. М. Бехтеревым мы можем рассматривать статические ощущения не только как изменения состояния собственного тела, но и как составную часть отражения человеком пространства внешнего мира.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗЛИЧЕНИЕ И ОБОНЯНИЕ

Запах не существует вне и помимо вещества. *Пахучесть* вещества определяется его *химическим строением* (*структурой*) и *летучестью* частиц вещества; пахучие вещества являются соединениями углерода (углеводороды), содержащими водород, кислород, азот.

Хотя обонятельные ощущения могут быть вызваны как неорганическими, так и органическими веществами, представители этих пахучих органических веществ значительно многочисленнее, чем неорганических.

Решающее значение для образования запаха имеет наличие в составе вещества особых атомных групп, так называемых осмофоров (эфирная, метиловая, карбоксиловая и другие группы; влияние осмофоров в малых молекулах больше, чем в крупных), а также способ связей этих атомных групп с ядром. Эти связи выражаются в химических формулах «цепями» соединений.

Как уже указывалось, большое влияние на образование пахучести вещества оказывает химическая структура вещества. Именно в зависимости от того, состоит ли оно из простых или сложных, ветвящихся цепей, пахучесть увеличивается или уменьшается. Веществам с ветвящимися цепями присущ более интенсивный запах. Длинные цепи в спиртах, сложных эфирах, кислотах и т. д. обусловливают их сильный запах, действующий на окончание не только обонятельного, но и тройничного нерва. Увеличение длинных цепей в соединениях приводит к уменьшению запаха. Установлено правило, что при удлинении цепи сила запаха первоначально увеличивается, а *потом уменьшается*. Интенсивность запахов многих соединений нарастает по мере увеличения цепи.

Проникновение пахучих веществ из поверхностного слоя воздух—вода в клеточную структуру обонятельного рецептора происходит через слой вода—липоиды. Установлено, что при проникновении пахучих веществ в обонятельные клетки значительно снижается поверхностное натяжение липоидов этих клеток.

Из всего рассмотренного следует, что возбуждению обонятельного анализатора предшествует целый ряд сложных физико-химических

процессов в самом веществе, в той среде, в которой он распространяется, наконец на поверхности обонятельных рецепторов.

Обоняние неразрывно связано с процессом дыхания, а следовательно, и со многими важнейшими процессами обмена вещества между организмом и окружающей его средой. Поэтому рецепторы обоняния расположены во внутренних полостях носа, являющегося одним из важнейших органов дыхания, т. е. верхнего отдела дыхательных путей. Кроме дыхательной функции нос выполняет также защитную функцию (увлажнение вдыхаемого воздуха, согревание, освобождение его от пыли и обезвреживание). Нос является также одним из резонаторов речевых звуков, произносимых человеком.

Наиболее непосредственно связаны с обонятельными функциями носа его дыхательные и защитные функции, точнее говоря, именно на основе дыхательной и защитной функций возникло и развилось обоняние.

Подобно зрительным и слуховым рецепторам, обонятельные рецепторы *парные*, состоящие из взаимосвязанных, симметрично расположенных рецепторов.

Парность обонятельных рецепторов ясно выражается в самом строении носовой полости и составляющих ее частей. Носовая полость состоит из двух половин, каждая из которых разделена на преддверие и три носовых хода: нижний, средний и верхний. Эти ходы отделены друг от друга костными образованиями («раковинами»). Нижний носовой ход образует пространство, лежащее между дном полости носа и нижней раковиной, средний расположен между нижней и средней раковинами, а верхний находится под средней раковиной. Между перегородкой носа и средней раковиной имеется просвет в 1 мм («обонятельная щель»). Полость носа сообщается с окружающим воздухом через ноздри, а с полостью носоглотки через два широких отверстия, называемых хоанами. Эти ходы сообщения с внешней и внутренней средой делают всю носовую полость родом трубки, являющейся верхней частью дыхательных путей.

Преддверие носа покрыто кожей, внутренние полости его выстланы слизистым эпителием. *Верхние* отделы внутренней полости носа выстланы особым обонятельным эпителием, находящимся в области верхних носовых ходов.

В обонятельном эпителии различаются поддерживающие (базальные) и собственно обонятельные (чувствительные) клетки, которые являются нервными клетками, точнее, первым невроном обонятельных путей.

В обонятельном рецепторе происходит превращение химических раздражителей в нервный процесс. Это превращение начинается с того момента, когда пахучие вещества входят в соприкосновение с обонятельными клетками, проникая вместе со струей вдыхаемого через нос воздуха в верхний носовой ход. При вдыхании главная масса воздуха поднимается из ноздрей до крыши носа, проходит по ней дугообразно, спускается в передний конец средней раковины и загибается к перегородке вниз. Струя воздуха не проходит через верхний носовой ход, и обонятельная щель лежит вне основного по-

тока вдыхаемого воздуха, который проникает в нее лишь путем диффузии.

Подобно зрительному рецептору, в котором первостепенное значение имеет работа глазодвигательных мышц, в обонятельном рецепторе важную роль играют мышцы носа, сокращение которых обеспечивает возможность втягивания воздуха в обонятельную щель и верхний носовой ход путем активного нюхания, или нюхательных движений. При этом совершается сужение отверстий носа, ускоряющее и усиливающее протекание воздуха, образуются вихри воздушных струй, изменяется их направление.

При обычном дыхании обонятельные ощущения гораздо слабее, чем при активном нюхании. Но возникающие при дыхании обонятельные раздражения вызывают через головной мозг движения мышц носа, иначе говоря, являются сигналами нюхательных движений.

Реакция обонятельных клеток есть начало возбуждения, которое проводится по обонятельным нервам в головной мозг. Обонятельное ощущение составляет результат деятельности всего обонятельного анализатора, а не только обонятельной полости носа.

Раздражения от чувствительных клеток, расположенных во внутренней полости носа, передаются в большие полушария головного мозга по двум парам чувствительных нервов. Ими являются 1-я пара (обонятельный) и 5-я пара (тройничный) черепномозговых нервов.

Пара обонятельных нервов (от обеих сторон верхнего носового пути и верхней раковины) ведет свое начало от обонятельных волокон в самой обонятельной полости носа. Эти волокна (до 20) проходят тонкими нитями через отверстия решетчатой кости. На нижней поверхности лобных долей головного мозга из них образуются так называемые обонятельные луковицы, в которых заканчиваются первые невроны обонятельных нервов. Волокна обонятельного нерва расходятся в обонятельном тракте на три пучка и вступают в вещество мозга. Обонятельные луковицы и обонятельные тракты обеих сторон соединяются в передней комиссуре головного мозга.

Часть волокон с одной стороны больших полушарий переходит на противоположное полушарие, образуя тонкий слой поперечных волокон. Если обонятельные луковицы являются первой инстанцией, в которую поступают возбуждения от обонятельных рецепторов, то так называемый свод, или обонятельный тракт, составляет вторую инстанцию, от которой импульсы передаются в подкорковые центры и кору головного мозга.

Обонятельные нервы проводят возбуждения, возникающие при химических раздражениях обонятельных рецепторов (обеих сторон верхнего носового пути и верхней раковины).

Однако чувствительность внутренней полости носа не исчерпывается обонятельными ощущениями. В нижнем и среднем носовых ходах и раковинах расположены чувствительные клетки, раздражение которых прикосновением, давлением и температурными раздражителями вызывает множество разнородных ощущений (тактиль-

ных, болевых, температурных). Эти раздражения проводятся не по обонятельному, а по тройничному нерву, часть окончания которого находится преимущественно в переднем и среднем носовых ходах.

И. П. Павлов называл общий механизм обоняния работой «запахового анализатора», или химического носового анализатора. Он подчеркнул тем самым, что обоняние представляет собой мозговой анализ химических воздействий внешней среды на организм.

Методом условных рефлексов у собак было установлено, что мозговым концом запахового анализатора являются области так называемого «крючка извилины морского коня» и аммонова рога. По сравнению с животными, в том числе и собаками, у которых сильно развита обонятельная мозговая кора, у человека эта область (особенно аммонов рог) занимает очень ограниченное место. Полагают, что обонятельный свод у человека является остатками ранее сильно развитой обонятельной коры у животных. Как у животных, так и у человека обонятельные центры обеих сторон соединены системой волокон.

Можно предположить, что мозговой конец запахового анализатора представляет собой весьма обширную разнородную территорию, связанную с регуляцией многих жизненных функций.

Клинические наблюдения над мозговыми (центральными) расстройствами обоняния у человека также могут быть истолкованы с точки зрения связей ядерных и рассеянных клеток запахового анализатора человека. Понижение обоняния (гипосмия) или отсутствие его (аносмия) отмечается не только при поражении обонятельных центров, но и при опухолях лобных долей, особенно располагающихся близко к основанию этих центров. Следовательно, рассеянные клетки мозгового конца запахового анализатора у человека находятся и в лобных долях. Понижение обонятельной чувствительности отмечено также при проникающих ранениях височной области черепа.

По данным Д. С. Мозжухина, расстройства обоняния имелись у всех черепномозговых раненых, независимо от локализации ранения. Наибольшая частота этих расстройств приходилась на лобные и височные области, но имелись расстройства обоняния и при поражениях теменной и затылочной областей. Еще более показательным является резкое нарушение обоняния у контуженных. Понижение обоняния входит составной частью в общий комплекс корковых расстройств при воздушной контузии. Данное обстоятельство показательно в том отношении, что при воздушной контузии имеется травма головного мозга более или менее общего характера, не ограничивающаяся локальным поражением какого-либо участка. При этом интересно отметить, что химическое раздражение носа у контуженных вызывало электрические потенциалы коры больших полушарий, но больные не испытывали никаких обонятельных ощущений.

Все указанные факты свидетельствуют о том, что, во-первых, обонятельные ощущения возможны лишь при нормальной деятельности *коры* головного мозга (а при ее общем поражении исчезают) и, во-вторых, что в той или иной степени они осуществляются не только обонятельными центрами, но и другими областями коры, в

которых, вероятно, находятся рассеянные клетки обонятельного анализатора.

Важно отметить, что расстройства обоняния могут носить двусторонний или односторонний характер. В случаях воздушной контузии чаще имеет место двустороннее поражение обоняния, а это свидетельствует о тесной связи обонятельных корковых механизмов обоих полушарий головного мозга. Но наличие односторонних поражений обоняния (потеря чувствительности одной половины носа) также представляет собой важный факт. В данном случае подтверждается положение о функциональном неравенстве в работе обонятельного анализатора, обе части которого функционируют неравномерно.

* *

*

Общими чертами обонятельных ощущений являются: 1) *качество* обонятельного ощущения, отражающее индивидуальное своеобразие химического соединения (или отдельного химического элемента), выступающего в роли сигнала того или иного предмета; с качеством обонятельного ощущения неразрывно связана его *предметность*, на что обращено внимание при исследовании и классификации ощущений запахов, поэтому ощущения запаха всегда в той или иной мере являются ощущениями предмета внешнего мира; 2) *интенсивность*, или сила обонятельного ощущения, показывающая силу химического раздражения, воздействующего на обонятельный рецептор; 3) *длительность* обонятельного ощущения, отражающая длительность химического раздражения; 4) *пространственная определенность* обонятельного ощущения, выявляющая *местоположение* источника запаха, а также направление движения летучих частиц вещества. Последнее важно отметить потому, что обоняние и у человека является одним из средств пространственной ориентировки в окружающей среде.

В научной литературе за последнее время возник вопрос о локализации ощущаемых запахов пахучих веществ в пространстве.

А. И. Бронштейном высказано предположение о том, что «вещества с сильно добавочным болевым, тактильным или температурным действием на слизистую оболочку носа вызывают локализованные ощущения. Локализация чисто обонятельных веществ, не действующих на окончание тройничного нерва, невозможна. Нюхая некоторые из них, не удается даже установить, попадают ли они в нос через правую или левую ноздрю».[1] Этот вывод совпадает с данными Скрамлика, который установил, что локализуемые раздражения производили сопряженные с обонянием ощущения, а чисто обонятельные ощущения сигнализировали о пространственном положении раздражения, т. е. о том, с какой стороны пахучее вещество возбуждает обонятельный рецептор.

Несомненно, что комплексное раздражение ряда рецепторов носа облегчает возможность пространственной локализации ощущаемых запахов. Важно учесть, что и в области обоняния, так же как в об-

---

[1] А. И. Бронштейн. Вкус и обоняние. Изд. АН СССР, М.—Л., 1950. стр. 165—166.

ласти зрения, слуха и осязания, пространственная локализация раздражителя зависит от ряда условий. Одним из них является *взаимодействие нервных процессов в обоих полушариях.*

Такой сложный факт, как распознавание *местопсложения* раздражителя в пространстве окружающей организм среды, не может быть результатом лишь тех процессов, которые возникают в *рецепторах*. Сложное взаимодействие нервных процессов *в мозговом конце данного анализатора* определяет и функциональное состояние рецептора.

Одной из форм взаимодействия нервных процессов является их положительная индукция, при которой торможение одних частей коры головного мозга вызывает возбуждение других. Возникающий очаг возбуждения определяет *ведущее* значение той стороны тела или его части, которая регулируется данным корковым аппаратом. С такими фактами ведущего значения одного из глаз в бинокулярном зрении («ведущий глаз»), одного из ушей в бинауральном слухе («ведущее ухо»), одной из рук в бимануальном осязании («ведущая рука») мы уже встречались ранее. Имеется ли в области обоняния подобного рода закономерность?

Показателем образования ведущей стороны того или иного анализатора является наличие функционального неравенства правой и левой сторон данного рецептора. Для того чтобы утверждать невозможность локализации чисто обонятельных ощущений, необходимо предварительно доказать, что в подобных случаях не имело места функциональное неравенство сторон у исследованных людей. Факты свидетельствуют о том, что в области обоняния нельзя не считаться с явлением функционального неравенства или равенства в работе обеих сторон носа. Известны связи проводников от левой и правой половин носа к обоим полушариям головного мозга. Бóльшая или меньшая точность работы одной из ноздрей может показывать взаимодействие нервных процессов в обоих полушариях. В этой связи определенный интерес приобретают опыты с раздельным и совместным раздражением рецепторов обеих половин носа.

Из разных отделов теории ощущений следует, что для пространственной ориентировки вообще (в зрении, слухе, осязании, кинестезии) необходима умеренная *разность сигналов*, возбуждающих различные части мозгового конца анализатора. Поэтому функциональная асимметрия обоняния может рассматриваться как необходимое условие пространственно-обонятельного различения. Обонятельные ощущения, возникающие при изолированном раздражении одной ноздри, называются *монориническими*, при раздражении обеих ноздрей—*дириническими*. Установлено, что диринические ощущения характеризуются большей точностью и скоростью, чем моноринические. В ряде исследований обращалось внимание на то, что у многих людей обоняние неодинаково развито с обеих сторон: при наличии ровного нормального состояния обеих сторон носа одна из них оказывается более чувствительной к запахам. Однако исследователи не ставили в связь явление функционального неравенства сторон обонятельного анализатора и локализацию обонятельных ощущений.

Такая связь в действительности существует, подобно тому как она имеется во всех остальных парных рецепторах.

В теории обоняния неравенство остроты обоняния обеих сторон носа было отмечено рядом авторов. В крупном экспериментальном исследовании С. Ф. Гамаюнов установил асимметрию порогов обонятельной чувствительности обеих половин носа. Им экспериментально доказано, что у *взрослых* (сравнительно с детьми) *острота обоняния* выше в левой половине носа. Левосторонняя асимметрия остроты обоняния установлена им у 71% обследованных взрослых; у 13% отмечена правосторонняя асимметрия. Лишь в 16% случаев была отмечена симметрия, полное равенство остроты обоняния обеих половин носа.

Эти данные особенно интересны при сопоставлении их с результатами исследования двусторонней остроты обоняния у детей, по которым все группы распределяются приблизительно равномерно, а именно: левосторонняя асимметрия встречается у 35% детей, правосторонняя асимметрия — у 30%, а симметрия — у 35%.

С. Ф. Гамаюновым показано возрастание (вдвое) явлений асимметрии в обонянии у взрослых сравнительно с детьми. Наличие «ведущей» (левой) стороны обонятельного рецептора объясняется этим исследователем *искривлением носовой перегородки*. Это искривление, по его мнению, обусловливает то, что в разные половины носа попадает неодинаковое количество воздуха с пахучими веществами, вследствие чего образуется разница в их порогах обоняния. Искривление носовой перегородки с возрастом, по материалам ряда исследований, возрастает в огромной степени. В частности, по С. Ф. Гамаюнову, у детей 5 лет прямая перегородка встречается в 90% случаев, а у взрослых людей 30—40 лет уже не встречается вовсе.

В теории обоняния явлению сравнительной частоты левосторонней асимметрии было дано и другое толкование французскими исследователями Тулузом и Фашиде, связавшими большую точность левостороннего обонятельного рецептора с преобладанием у человека левого полушария головного мозга над правым. При этом они исходили из представления о том, что чувствительные волокна обонятельного рецептора не перекрещиваются, вследствие чего под влиянием доминирования левого полушария левая половина носа превосходит правую. Однако это предположение неправильно, так как передняя комиссура мозга, а именно ее фронтальная часть, соединяет между собой обонятельные луковицы и обонятельные тракты обеих сторон. Но вопрос о соотношении обеих сторон обонятельного анализатора не может быть решен только средствами морфологии: необходимо было выяснить характер функционального неравенства в работе обеих сторон обонятельного анализатора человека. Эта задача была поставлена нами перед И. В. Лейберг. В трех сериях опытов она стремилась выявить тождественность или различие взаимоотношения обеих половин обонятельного анализатора при различных условиях химических раздражений рецептора.

В первой серии опытов изучались приемы принюхивания к запахам (правой или левой ноздрей, или обеими половинами носа одно-

временно). Во время этих опытов испытуемому предлагалось нюхать и определять сходство и различие запахов лишь для того, чтобы зафиксировать особенности самого действия принюхивания, аналогичного двигательной реакции при фиксации взора или прислушивании. Так как пороги обоняния здесь еще не определялись, то можно было ограничиться обонятельными пробами, для чего служили 6 флаконов с духами и их слабыми растворами. При минимальных концентрациях действие принюхивания сказывалось резче.

Во второй и третьей сериях опытов исследовались абсолютные пороги обоняния (обеих половин носа) методом раздражения растворами различных концентраций: от минимальных к максимальным. В качестве раздражителей были взяты различные концентрации уксусной кислоты и амилового спирта, хорошо растворимого в воде. Амиловый спирт действует только на обонятельный нерв, а уксусная кислота, кроме того, и на тройничный нерв.

Вторая серия опытов состояла из раздражений концентрациями амилового спирта (от 0,000025 до 0,5%), третья—из цикла раздражений концентрациями уксусной кислоты (от 0,0001 до 1%). Абсолютные пороги обоняния определялись по каждой стороне носа отдельно. При сравнительном анализе избирательных действий принюхивания оказалось, что симметричное пользование обеими сторонами носа имело место в 52,4% случаев, а асимметричное—в 47,6%.

Среди асимметриков большинство составляли правосторонние (80%), меньшинство — левосторонние (20%), т. е. люди с преобладанием левой стороны обонятельного рецептора.

Такова картина взаимоотношения сторон обонятельного анализатора при избирательных действиях с пробой.

Можно ли на основании полученных данных считать того или иного испытуемого симметриком или асимметриком в обонятельной чувствительности вообще? Достаточно сравнить эти данные с данными второй и третьей серии, чтобы убедиться в *противоположном.*

Исследованием абсолютных порогов обоняния при действии различных концентраций амилового спирта те же испытуемые распределились уже иначе: хотя самую большую группу составили симметрики (70,58%), но соотношение между типами асимметрии стало уже иным: 60% всех асимметрий составили правосторонние асимметрики, а 40% —левосторонние. Нетрудно заметить, что процент левосторонних асимметриков возрос вдвое сравнительно с данными первой серии.

Исследование абсолютных порогов обоняния при действии различных концентраций уксусной кислоты показывает вновь измененное соотношение групп среди тех же испытуемых.

В третьей серии опытов число симметриков незначительно снизилось (62,5% испытуемых), а число асимметриков незначительно возросло (37,5%) по сравнению с первой серией. Но зато резко изменилось соотношение типов асимметрии в группе асимметриков: процент левосторонних асимметриков возрос *втрое,* достигнув 66,6% случаев асимметрии.

И. В. Лейберг показала, что 50% испытуемых проявили себя

однозначно во всех опытах на абсолютные пороги обоняния. Эти испытуемые оказались симметриками при разных химических раздражениях. Другая половина испытуемых проявила себя многозначно: то в качестве симметриков, то в качестве право- или левосторонних асимметриков. Имелись случаи контрастного изменения асимметрии (от левосторонней к правосторонней и наоборот). Таким образом, у одного и того же человека ведущей являлась то правая, то левая сторона обонятельного рецептора, в зависимости от смены вида раздражителей, особенно при переходе от приспособления к уксуснокислотным раздражителям к приспособлению к различным концентрациям амилового спирта, действующего по-разному на обонятельный и на тройничный нервы.

Ясно, что во многих случаях обнаруживается перестройка взаимоотношений сторон обонятельного анализатора с изменением внешних *условий* его деятельности. Справедливо считать, что и в области обонятельных ощущений проявляет себя индуктивный механизм взаимодействия обоих полушарий головного мозга.

После всего сказанного можно предвидеть, как должны проявляться соотношения между явлениями асимметрии и симметрии обоняния, с одной стороны, и особенностями состояния внутренней полости обеих половин носа — с другой.

Среди испытуемых отоларингологом обнаружено 5 случаев нарушений в строении левой половины носа (искривление носовой перегородки влево, шипы и гребни в левой половине носа и т. д.) и 6 случаев аналогичных нарушений в правой половине. Выявилась многозначность взаимодействия сторон во всех этих случаях. При нарушениях левой половины носа испытуемые проявляли себя как симметрики в принюхивании, как левосторонние асимметрики при дифференцировке концентраций уксусной кислоты и как правосторонние асимметрики в отношении концентраций амилового спирта.

Сходная картина обнаружена И. В. Лейберг при правосторонних нарушениях, где имелось сходное *многозначное* и *пластичное* соотношение сторон в обонятельном анализаторе.

Из экспериментальных данных И. В. Лейберг следует, что и химический анализатор ведет себя в разных внешних условиях *различно,* подобно остальным анализаторам.

Наличие функциональных асимметрий в процессе обонятельного различения химической структуры вещества позволяет выявить роль парной работы больших полушарий в работе запахового анализатора как одной из основ пространственной ориентировки в окружающей среде. Известно, что обоняние у животных является важным средством такой ориентировки. Повышение обонятельной чувствительности и ее роль в пространственной ориентировке отмечены в качестве явлений компенсации при слепоглухонемоте (А. В. Веденов, А. В. Ярмоленко). В отдельных условиях обоняние принимает участие в пространственной ориентировке и у здоровых людей, когда по запахам определяют местоположение предметов.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АСИММЕТРИИ В ПРОСТРАНСТВЕННОМ РАЗЛИЧЕНИИ

Ознакомление с морфологической структурой тех анализаторов, которые принимают специальное участие в отражении пространства внешнего мира, приводит к предположению, что имеется известная биологическая зависимость *парности* рецепторов, афферентных путей и мозговых концов этих анализаторов от пространственных условий существования организма в окружающей среде. Правомерно также предположить, что *симметрия* в строении и расположении этих *парных* чувствующих аппаратов имеет существенное биологическое значение в данных условиях. Важнейший вопрос о том, в какой связи находится парность и симметрия в структуре и расположении названных аппаратов с парностью и симметрией расположения больших полушарий головного мозга, еще недостаточно разработан современной наукой.

Еще менее разработан вопрос о причинах резкой асимметрии в расположении высших корковых аппаратов в больших полушариях головного мозга человека, а именно так называемых речевых областей, преимущественно помещающихся в левом полушарии (у большинства людей, являющихся правшами). Это не значит, что в правом полушарии не представлены рассеянные элементы мозгового конца речедвигательного анализатора человека. Однако факт сосредоточения ядра мозгового конца речедвигательного анализатора в одном (левом) полушарии является бесспорным. Что же касается так называемых сенсорных, или чувствующих, корковых областей, то подобной морфологической асимметрии там не отмечается.

Вопрос о соотношении *асимметрии* одних и *симметрии* других корковых приборов человеческого мозга еще не разрабатывается специально в современной науке. Между тем не может не привлечь к себе внимания тот факт, что, несмотря на симметрию мозговых концов основных анализаторов человека, постоянно наблюдается функциональная асимметрия в их деятельности, т. е. неравенство и изменение взаимодействия между обеими частями или двумя сторонами каждого анализатора. Постановка И. П. Павловым вопроса

о *парной работе* больших полушарий в качестве очередного вопроса физиологии больших полушарий справедливо переносит центр тяжести проблемы парности больших полушарий из морфологии в физиологию, перед которой поставлена новая задача: изучить *парную работу,* или *взаимодействие обеих полушарий* головного мозга. Поставленная И. П. Павловым проблема современными физиологами все же разрабатывается слабо.

Между тем в области высшей нервной деятельности имеются такие явления анализаторной деятельности, которые отличают мозговую работу человека от мозговой работы животных. К числу этих явлений мы относим и функциональную асимметрию анализаторов внешней среды. Напомним, что в лабораториях И. П. Павлова Н. И. Красногорский установил факт переноса условных рефлексов с одной стороны на другую. Но при изучении этого факта в высшей нервной деятельности *живстных* не было выявлено каких-либо особенностей переноса с правой стороны на левую и с левой на правую, т. е. не была обнаружена функциональная асимметричность подобного переноса.

Мы не склонны думать, что отсутствие этого явления в опытах Красногорского, Анрепа и других является недостатками методики исследования, а предполагаем, что у собак, как и других животных, этого явления вообще нет. *Зародыши* его можно заметить только у обезьян, что связано с изменением соотношений между верхними и нижними конечностями. Разделение трудовых функций между обеими руками вносит принципиально новое в структуру и динамику высшей нервной деятельности человека, порождая в том числе и явления функциональной асимметрии во взаимодействии обоих полушарий головного мозга. Данную гипотезу мы положили в основу серии исследований фактов переноса условных рефлексов с одной стороны тела на другую, рассматривая их в качестве показателей *взаимодействия между обоими полушариями головного мозга человека.*

По нашему заданию М. А. Гузева исследовала явление переноса условно-сосудистых рефлексов. Плетизмографически записывались безусловные и условные рефлексы с двух рук, хотя условные рефлексы вырабатывались только с какой-либо одной руки.

У всех испытуемых подкрепление условного раздражителя производилось на одной руке, но сосудистые реакции отмечались на обеих руках.

Во всех случаях без исключения имелся довольно быстрый перенос условных рефлексов, выработавшихся с одной руки, на другую, нераздражавшуюся руку. Затем с целью выявить особое значение степени переноса, у некоторых испытуемых изучалась функциональная асимметрия в явлении переноса, выраженная в различных величинах и скоростях. Оказалось, что величина переноса условного рефлекса с левой руки на правую была больше величины переноса с правой руки на левую. Параллельно выработке дифференцировки на раздражаемой руке наблюдалось уменьшение сосудистых реакций на другой руке, т. е. перенос дифференцировки. Соотношение

времени реакций на правой и левой руках повторяет в известной мере картину соотношения между величинами реакций разных рук.

Несколько ранее в нашей же лаборатории А. А. Рыковой были проведены опыты по изучению условных кожных рефлексов человека для установления самого факта переноса условных кожных рефлексов с одной стороны на другую, а также для определения особенностей этого переноса с правой руки на левую и с левой на правую, т. е. для выяснения функциональной асимметрии.

Методика опытов А. А. Рыковой была следующей: в качестве безусловного раздражителя, изменяющего чувствительность кожи (кончика указательного пальца), был избран холодовый раздражитель (0°), действие которого строго дозировалось во времени, а в качестве условного раздражителя — звуковой раздражитель, а именно стук метронома с частотой 200 ударов в 1 минуту. Дифференцировочным раздражителем служил стук метронома с частотой 60 ударов в 1 минуту. Изменение чувствительности кожи определялось по изменениям реобазы, измеряемой с помощью хроноксиметра.

Испытуемые были разделены на две группы; в первой группе опыты начинались с выработки условного рефлекса с *ведущей* руки, а затем проверялся перенос образованного условного рефлекса (и дифференцировки) на неведущую руку. В последующих опытах вырабатывался условный рефлекс на неведущей руке и проверялся его перенос на ведущую руку. Во второй группе первая серия опытов заключалась в выработке условных рефлексов на неведущей руке и проверке переноса на ведущую. Во второй серии подобная работа велась в обратном порядке.

Данным исследованием руководили мы совместно с физиологом проф. П. О. Макаровым, благодаря чему была обеспечена методическая сторона исследования. Можно выделить некоторые результаты опытов независимо от того, каков был их порядок и индивидуально-типические особенности испытуемых.

Первым таким общим фактом (для всех испытуемых во всех опытах) явилось то, что *кожная чувствительность ведущей руки оказалась ниже* (реобаза больше), *чем чувствительность руки неведущей* (реобаза меньше).

Данное явление интересно само по себе. Дело в том, что ведущая рука определялась по тому, какой рукой человек пишет, работает, играет и т. д., иначе говоря, *по стереотипу сложных действий.* Но доминирование одной руки над другой *по действию,* а следовательно по кинестезии соответствующей стороны тела, еще не обозначает абсолютного доминирования данной руки во всех отношениях. Напротив, ведущая по кинестезии рука во всех случаях оказывалась неведущей по кожно-механической и болевой чувствительности, а неведущая по кинестезии, напротив, оказывалась ведущей по кожной чувствительности. Данный факт был еще раньше обнаружен в нашей лаборатории в опытах Б. Ф. Ломова и А. В. Идельсона, о которых будет сказано особо. Понятие «ведущей руки» стало означать для нас еще более многообразное и противоречивое явление, чем «ведущий глаз» или «ведущее ухо».

Вторым общим для разных испытуемых явлением было следующее: при выработке условного рефлекса путем сочетаний условного раздражителя (звук метронома) с безусловным холодовым раздражителем реобаза уменьшалась, т. е. кожная чувствительность повышалась с каждым таким сочетанием. Условнорефлекторное изменение чувствительности выражалось, следовательно, в повышении чувствительности, т. е. *сенсибилизацией*. Но характерно, что это явление было отмечено *только* при выработке условных кожных рефлексов с *ведущей руки*.

Напротив, при выработке условного рефлекса с неведущей руки обнаружилось явление противоположное, а именно понижение ее кожной чувствительности (по кинестетическим показателям). При этом оказалось, что не имеет никакого значения, левая или правая рука является ведущей. Аналогичная картина получена и в отношении дифференцировок.

Третьим общим явлением в опытах А. А. Рыковой было то, что во всех случаях, независимо от порядка и группы опытов, имел место *перенос условных кожных рефлексов с одной стороны* тела (руки) на другую без всяких дополнительных подкреплений и сочетаний.

Явление воспроизведения условных рефлексов, выработанных на коже одной половиной тела, на другой, причем без всякой тренировки («само собой», по выражению И. П. Павлова) подтверждает на человеке закономерность, открытую в школе И. П. Павлова на животных.

Но, как и надо было ожидать, у человека данное явление весьма осложнено прогрессирующим разделением функций обеих полушарий, а в связи с этим необходимой функциональной асимметрией. Указанное осложнение в опытах А. А. Рыковой выступило в виде *разности процессов* переноса кожных условных рефлексов с одной стороны на другую. Кожные условные рефлексы на повышение чувствительности переносились с ведущей руки на неведущую, а кожные условные рефлексы на понижение чувствительности переносились с неведущей руки на ведущую. В итоге происходило как бы *уравновешивание* процессов переноса с одной стороны на другую. В результате *асимметричности* переноса образуется своеобразное функциональное равновесие, или *последовательная симметрия*, в основе которой лежит последовательная смена фаз взаимной индукции нервных процессов обоих полушарий головного мозга.

В опытах А. А. Рыковой имел место один любопытный случай с испытуемым М., который писал и работал правой рукой, но играл в спортивные игры левой. Именно у него на протяжении всех опытов менялись реакции то по типу повышения чувствительности, то по типу понижения чувствительности. Одна и та же рука испытуемого *последовательно* (во времени) характеризовалась то как ведущая, то как неведущая.

В данном случае было заметно, что неустойчивая асимметрия кинестезии рук влечет за собой и неустойчивую асимметрию кожной чувствительности рук, причем в обратно пропорциональной зависимости.

Для понимания дальнейшего важно учесть контрастные соотношения кинестезии и кожной чувствительности в работе одной и той же руки.

Итак, если подвести итоги данным А. А. Рыковой, то напрашивается два основных вывода. Первый заключается в установлении явления переноса кожных условных рефлексов у *человека* с одной стороны на другую, второй формулирует наличие своеобразных функциональных асимметрий в процессе переноса. Оба вывода важны не только для общей теории парной работы больших полушарий, но и специально для теории так называемых сенсорных, или различительных, навыков. В психологической литературе описаны многие факты переноса сенсорных и двигательных навыков с правой руки на левую, но до сих пор еще не было дано научного, объективного объяснения этому важному фактору упражнения. В настоящее время, благодаря павловскому учению о законах высшей нервной деятельности и о парной работе больших полушарий в частности, важные факты переноса навыков получают свое объяснение.

Остановимся на исследовании Е. Мирошиной-Тонконогой, посвященном изучению тех же явлений в области зрительных функций. Е. П. Мирошина-Тонконогая имела следующие задачи: 1) выработать *монокулярно* условные рефлексы, а именно: а) условнорефлекторное изменение остроты зрения и б) условнорефлекторное изменение оптической хронаксии; 2) проследить особенности выработки условных рефлексов в каждой из монокулярных систем и установить особенности переноса с одного глаза на другой, наличие связи *особенностей* переноса с известной из других опытов функциональной асимметрией зрения данных испытуемых (ведущего по прицельной способности глаза).

В основу методики выработки условнорефлекторного изменения остроты зрения Е. П. Мирошина-Тонконогая положила методику М. А. Севрюгиной. Модификация Е. П. Мирошиной-Тонконогой заключалась в том, что в отличие от М. А. Севрюгиной, вырабатывавшей условный рефлекс *бинокулярно*, она в своих опытах вырабатывала его *монокулярно*, а затем *монокулярно* прослеживала явление переноса. Методика исследования переноса представляла собой повторение на человеке опытов павловской школы.

Эксперимент в общем проводился следующим образом: с расстояния 5 м испытуемый смотрел через искусственный зрачок (диаметром в 3 мм) на большой экран, в центре которого имелись два плавно раздвигающихся черных квадратика площадью в 1 $см^2$ каждый. Экран с квадратами освещался стоявшей перед ним лампой, помещенной в специальный фонарь. Освещенность на экране изменялась посредством затемнителей, поставленных перед освещающей лампой. Затемнители уменьшали освещенность приблизительно в 9 раз.

До начала выработки условнорефлекторных реакций у испытуемых в обычных условиях дневного освещения измерялась оптическая хронаксия с обоих глаз.

Перед испытуемым была поставлена задача — определить *минимальный* видимый промежуток (одна угловая минута) между черными квадратами, которые медленно раздвигались экспериментатором с помощью микрометрического винта, помещенного на оборотной стороне экрана. Расстояние между квадратами регулировалось с точностью до 0,5 мм.

Эксперименты проводились при двух уровнях освещенности на экране: усиление освещения в 9 раз играло роль безусловного раздражителя, улучшающего остроту зрения и изменяющего оптическую хронаксию в сторону уменьшения (укорочения времени). Условным раздражителем служил стук метронома с частотой 120 ударов в минуту. Дифференцировочным раздражителем являлся стук метронома с частотой 60 ударов в минуту. В опытах обеспечивалась предварительная адаптация глаза (20′) к слабо освещенному экрану (около 5 lx), после чего определялись шестикратно порог раздельного видения и оптическая хронаксия. Затем включался метроном, и через 2 минуты затемнители снимались, т. е. освещение усиливалось в 9 раз.

В условиях усиленного освещения и постукивания метронома вновь производились замеры раздельного видения и оптической хронаксии.

После 6—7 дней, в течение которых осуществлялись такие подкрепления, проверялась выработка условнорефлекторных изменений остроты зрения и оптической хронаксии, а затем устанавливалось наличие или отсутствие переноса этих изменений на другой глаз, *с которого условные рефлексы не вырабатывались* (во время опытов другой глаз закрывался повязкой). В одной серии опытов указанный факт проверялся при переносе условных рефлексов с ведущего глаза на неведущий, в других — с неведущего на ведущий.

Методика условнорефлекторного изменения оптической хронаксии была заимствована у проф. П. О. Макарова, обеспечившего физиологическое руководство данными опытами. При этом были учтены ценные результаты исследований условнорефлекторного изменения двигательной хронаксии в лаборатории Э. А. Асратяна (опыты В. Д. Дмитриева).

В результате ряда серий опытов с раздельным изучением монокулярной выработки условных рефлексов и особенностей их переноса с одной стороны светового анализатора на другой Е. П. Мирошина-Тонконогая добыла некоторое количество ценных фактов. Отметим вначале то, что подтвердилось этими опытами из ранее установленных опытов. Сюда относится прежде всего факт условнорефлекторного изменения остроты зрения, описанный М. Севрюгиной, который сам по себе имеет большое значение, так как острота зрения считается элементарным и общим феноменом *пространственного видения*. Данные М. Севрюгиной и Е. Мирошиной-Тонконогой говорят о том, что этот феномен пространственного видения обусловлен не периферической структурой зрительного рецептора, а функциональным состоянием целостного светового анализатора, в котором ведущую роль играет его мозговой конец, непосредственно

обусловленный *механизмом временных связей* организма со средой, в том числе и с пространственными сигналами.

По экспериментальным данным Е. Мирошиной-Тонконогой, величина условнорефлекторного повышения остроты зрения оказалась очень значительной. У разных испытуемых условнорефлекторное повышение остроты зрения достигало 18—30%.

Параллельно с условнорефлекторным изменением остроты зрения отмечалось и условнорефлекторное изменение оптической хронаксии в сторону укорочения времени протекания процессов возбуждения в световом анализаторе. Условнорефлекторные изменения оптической хронаксии в отдельных случаях достигали 26% исходного уровня. В процессе выработки временных связей стук метронома превращался из нейтрального в условный раздражитель, вызывавший затем уже сам по себе функциональные изменения светового анализатора.

Этими опытами на человеке был подтвержден факт *переноса* условных рефлексов с одной стороны на другую. Условнорефлекторное повышение остроты зрения наблюдалось у всех испытуемых *без исключения, причем без всякой дополнительной и специальной тренировки.*

Важно обратить внимание на то, что условнорефлекторное повышение остроты зрения при переносе с одного глаза на другой оказалось приблизительно равным (по своей величине) условнорефлекторному повышению остроты зрения того глаза, с которого вырабатывался условный рефлекс.

Менее выражен, но имеет место во всех случаях, условнорефлекторный перенос изменения оптической хронаксии с одного глаза на другой (также без специальной дополнительной тренировки).

Таким образом, факт, первоначально установленный Н. И. Красногорским при изучении кожного и двигательного анализаторов собаки, вполне подтвердился опытами Е. Мирошиной-Тонконогой при изучении условных рефлексов *со светового анализатора человека.*

Подтверждение этого факта по отношению к такой функции светового анализатора, как феномен *пространственного видения,* доказывает нам предположение о том, что *парная работа зрительных рецепторов в пространственном различении есть функция парной работы больших полушарий.*

Остается группа наиболее оригинальных фактов, касающихся *особенностей* переноса рефлексов с одного глаза на другой. Так, нам было заранее известно, что у разных испытуемых имелись устойчивые функционально-зрительные асимметрии, определившиеся в специальных опытах. У одних ведущим по прицельной способности являлся правый глаз, у других — левый. Случаи полного равенства (симметрии) исключались из опытов Е. П. Мирошиной-Тонконогой. В связи с приведенными данными в ее опытах испытывался условнорефлекторный перенос с ведущего глаза не неведущий, а затем с неведущего на ведущий.

Сравнение всех экспериментальных данных (по всем сериям опытов у всех испытуемых) позволяет в этом отношении сделать основ-

ной вывод: перенос условнорефлекторных изменений остроты зрения имел место во всех случаях, но протекал *различно* в обеих монокулярных системах. Оказалось, что условнорефлекторное повышение остроты зрения больше на *неведущем* (по прицельной способности, т. е. локализации объекта в пространстве) глазе, чем на ведущем. Указанный факт имел место во всех случаях, независимо от того, правый или левый глаз у данного испытуемого являлся ведущим.

При переносе выработанного условнорефлекторного изменения остроты зрения обнаружилось во всех случаях, что *величина* переноса больше при воспроизведении ведущим глазом условных рефлексов, выработанных на неведущем, чем при воспроизведении неведущим глазом условных рефлексов с глаза ведущего.

О чем говорят эти два факта? Первый из них ясно свидетельствует о том, что ведущий по прицельной способности глаз не есть еще ведущий по *остроте зрения,* напротив, неведущий по прицельной способности глаз оказывается ведущим по условнорефлекторному повышению остроты зрения.

Опыты Е. П. Мирошиной-Тонконогой подтверждают установленный факт *расхождения* сторон функциональной асимметрии по остроте зрения и прицельной способности. Вместе с тем данный факт значит больше, чем подтверждение различного характера взаимодействия обоих монокулярных систем при различных видах пространственного видения. Очевидно, что условнорефлекторное повышение остроты зрения неразрывно связано с относительной специализацией одной монокулярной системы на дифференцировке видения, т. е. на отдельном видении двух близко соприкасающихся объектов. При монокулярной локализации одиночного объекта имеет значение точность определения его малой величины и положения в пространстве. Ясно, что эти два процесса пространственного видения протекают при различных физических условиях, благодаря которым и образуются различные временные (условнорефлекторные) связи.

Уже из приведенных данных можно убедиться в том, что *абсолютного* для всех функций светового анализатора ведущего глаза у одного и того же человека *не существует*. Очевидно у одного и того же человека оба глаза являются попеременно ведущими: во взаимодействии монокулярных систем преобладает то один, то другой глаз, в зависимости от особенностей дробного анализа пространства (пространственного различения), который осуществляет кора головного мозга как единая система.

Еще более интересными представляются данные об *особенностях* переноса. Первоначально нам казалось, что эти данные противоречат только что описанному факту. Если величина условнорефлекторного повышения остроты зрения оказалась больше на неведущем, чем на ведущем, глазе, то величина *переноса* условнорефлекторного повышения остроты зрения, напротив, была больше при переносе с неведущего глаза на ведущий. Нетрудно заметить, что процесс *переноса изменяет соотношение между обеими частями светового анализатора*. Очевидно, что перенос условных рефлексов с одного

полушария на другое предполагает в качестве условия иррадиацию условного раздражения большей, чем при переносе с неведущего глаза на ведущий. В последнем случае иррадиации условного раздражения противостоит возникший в другом полушарии процесс торможения. Можно думать, что изменение соотношения между двумя сторонами светового анализатора в ходе процесса условных рефлексов выражает взаимную индукцию нервных процессов в обоих полушариях.

Наконец, немаловажное значение представляют собой данные об особенностях *образования и переноса* условнорефлекторного изменения оптической хронаксии.

Опыты Е. П. Мирошиной-Тонконогой свидетельствуют о том, что условнорефлекторное изменение оптической хронаксии больше на ведущем глазу, чем на неведущем. Имеются обратно пропорциональные отношения между условнорефлекторным изменением остроты зрения и условнорефлекторным изменением оптической (неадекватной) хронаксии. Подобные отношения повторились при переносе условнорефлекторных изменений оптической хронаксии (при переносе с ведущего глаза на неведущий величина укорочения периода возбуждения больше, чем наоборот).

Таким образом, можно думать, что у одного и того же человека *ведущее значение приобретает то один глаз, то другой, в зависимости от внешних условий, определяющих характер парной работы больших полушарий.*

По прицельной способности, условнорефлекторному повышению остроты зрения и оптической хронаксии, наконец, по специфике переноса этих условнорефлекторных изменений один и тот же человек характеризуется различными особенностями функциональной асимметрии. Из этого нетрудно сделать вывод о том, что при изменении внешних условий перестраиваются отношения между обеими частями мозгового конца светового анализатора, а *отсюда и обеими монокулярными системами.*

В основе этой перестройки лежит смена положительной индукции нервных процессов отрицательной и наоборот, в зависимости от развития временных связей.

Эти опыты дали известный ответ на поставленные нами вопросы. Они пролили свет на зависимость взаимодействия монокулярных систем от парной работы больших полушарий. В частности, выявлена роль взаимной индукции нервных процессов, определяющей пластичный характер взаимодействия монокулярных систем в определенных видах пространственного видения.

Из этих опытов следует, что *условнорефлекторная* перестройка взаимоотношений монокулярных систем обусловливает преобладание то одного, то другого глаза в качестве ведущего в данных конкретных условиях.

Продолжим обсуждение экспериментальных данных о многообразии и пластичности явлений зрительно-пространственной асимметрии.

В нашей лаборатории были специально изучены особенности функциональной асимметрии обоих монокулярных полей зрения (опыты В. И. Кауфмана, а также М. Г. Бруксон) и ощущений глубины (опыты В. А. Мацановой, а затем И. Г. Клейтман). Опыты В. И. Кауфмана производились по обычной периметрической методике с целью определения объема и векторов поля зрения каждого из глаз. При этом В. И. Кауфман исходил из нашей гипотезы о корковой обусловленности функциональных асимметрий зрения. Им был предложен оригинальный метод статистической обработки количественных данных, обеспечивающий более точное обобщение и анализ экспериментальных данных. Опыты В. И. Кауфмана подтвердили факт резкой асимметрии монокулярных полей (правого и левого глаза), причем особенно в направлениях кнаружи и кнутри, т. е. по горизонтальной линии поля зрения. Характерно, что асимметрия обнаруживает себя в обеих половинах поля зрения, несмотря на то что в наружных и внутренних половинах сетчатки идут различные пучки волокон зрительного нерва. Очевидно, что деятельность обоих полушарий формирует ведущее поле зрения.

Явление *ведущего* поля зрения было установлено В. И. Кауфманом у большинства испытуемых — взрослых нормальных людей. Как можно предполагать на основании этих опытов, образование *ведущего* поля зрения также есть продукт соединенной деятельности обоих полушарий, с которыми связан каждый глаз, частично перекрещивающийся с ними волокнами зрительного нерва.

Объясняя результаты опытов В. И. Кауфмана, мы пришли к выводу, что ведущее поле зрения является результатом положительной индукции нервных процессов в обоих полушариях головного мозга. Как установил И. П. Павлов, положительная индукция характеризуется усилением возбуждения в одном из пунктов коры вследствие торможения в другом или других участках коры.

С целью проверить типичность для нормальной работы коры образования ведущего поля зрения, мы поручили М. Г. Бруксон провести периметрическое исследование монокулярных полей зрения у умственно недостаточных детей, учащихся вспомогательной школы, а параллельно с ними у нормальных детей того же возраста (10—12 лет). Из опытов Бруксон следует, что нормальные дети характеризуются (более чем на 60%) той или иной формой функциональной асимметрии полей зрения (ведущим правым или левым полем зрения).

Полное равенство полей зрения у детей нормальных встречается чаще, чем у взрослых. Из сопоставления фактов следует, что функциональная асимметрия есть *продукт развития временных связей* индивидуального опыта. Но еще более интересными являются данные М. Г. Бруксон при сопоставлении периметрических показателей нормальных и умственно недостаточных детей. По сравнению с нормальными у умственно недостаточных детей имеется концентрическое сужение обоих полей зрения, причем в очень значительной степени. Еще более показательно то, что функциональная асимметрия, довольно частая у нормальных детей, чрезвычайно редка среди детей

умственно недостаточных. Напротив, у последних отмечено равное в обоих монокулярных полях зрения концентрическое сужение по всем направлениям поля зрения, т. е. почти полное равенство монокулярных полей (симметрия) на низком уровне развития. Следовательно, как можно думать, функциональная асимметрия полей зрения и феномен ведущего поля зрения суть показатели нормальной деятельности обоих полушарий головного мозга.

Путем вариационно-статистической обработки количественных данных о различных связях между ведущим глазом по остроте зрения, прицельной способности и полю зрения В. И. Кауфман пришел к заключению, что полной корреляции между ведущим по остроте зрения глазом и ведущим глазом по полю зрения нет.

Преобладание одной из монокулярных систем у одного и того же человека во многих случаях идет то за счет правого, то за счет левого глаза. Данный вывод вполне согласуется с вышеизложенными опытами Е. П. Мирошиной-Тонконогой и в значительной степени объясняется этими опытами.

Еще более важно то, что В. И. Кауфман не мог установить полной корреляции показателей ведущей стороны светового анализатора в поле зрения, с одной стороны, и прицельной способности зрения — с другой. Проделанная им работа убедила нас в ошибочности нашего первоначального предположения о том, что ведущий глаз— общий для прицельной способности и для взаимодействия полей зрения. Стало окончательно ясно, что в зависимости от задачи и условий пространственного различения изменяется взаимодействие обеих монокулярных систем в силу перестройки парной работы больших полушарий.

Перейдем к анализу фактов функциональной асимметрии в области такого решающего явления в пространственном видении, каким является ощущение глубины, третьего измерения пространства.

Самый факт такой асимметрии был впервые обнаружен в нашей лаборатории В. А. Мацановой. На специальных опытах ею осуществлялось изучение монокулярного ощущения глубины (посредством прибора Говарда-Долмана). Первоначально В. А. Мацановой проводилась серия опытов подравнивания положения фигур бинокулярным зрением, по отношению к величине которого далее определялось право- и левостороннее монокулярное ощущение глубины. Всего было исследовано 50 человек при дистанции наблюдения в 5 м. Увеличение дистанции достигалось в опытах посредством бинокля. За нормальный порог ощущений глубины была принята величина в 21 мм.

Остановимся на наиболее важных фактах из этого исследования В. А. Мацановой. Мы не касаемся здесь того, что ею обнаружены разнообразные индивидуально-типические различия между испытуемыми в отношении остроты глубинного глазомера. Нас в данном случае интересует тот факт, что эти различия оказались *не только в бинокулярном, но и в монокулярном ощущении глубины.*

Напомним, что в физиологической оптике ряд исследователей отрицает возможность монокулярного определения глубины воспри-

нимаемого пространства. Некоторые из них считают возможным такое определение, но утверждают, что оно неточно и производится человеком с большим усилием (например Г. А. Литинский). Однако другие исследователи (например Ц. М. Иоффе) считают, что взаимоотношение между бинокулярным и монокулярным ощущениями глубины изменяется в зависимости от изменения расстояния, дистанции наблюдения. На близком расстоянии определение глубины пространства осуществляется преимущественно бинокулярно, на далеком (1000—1500 м) — монокулярно. С. В. Кравков, Б. М. Теплов, Б. Г. Коробко и другие допускают возможность монокулярного ощущения глубины.

Чем же объясняется такое противоречие во взглядах исследователей, из которых одни *вообще* отрицают возможность монокулярного ощущения глубины, а другие *вообще* его признают.

Как показывают опыты В. А. Мацановой, это противоречие объясняется тем, что исследователи исходили только из различий между бинокулярным и монокулярным зрением, не делая попытки дифференцировать *само монокулярное зрение*. В действительности же оказалось, что у испытуемых с полным равенством монокулярных систем (симметрией) монокулярное определение глубины оказалось *невозможным* (около 32% испытуемых). Наибольшая же группа испытуемых (48%) характеризовалась резко выраженной асимметрией глубинного глазомера, причем у таких лиц точный монокулярный глубинный глазомер имел место только с одной стороны (или правым или левым глазом), т. е. обнаруживался ведущий глаз в глубинном глазомере. Офтальмологическое обследование испытуемых показало, что нет явственной корреляции между остротой зрения и остротой глубинного глазомера.

Итак, возможность монокулярного глубинного глазомера превращается в действительность лишь там, где образуется функциональная асимметрия монокулярных систем. Носителем монокулярного глазомера становится не любой глаз, а ведущий. Особенно интересен тот факт, что среди испытуемых В. А. Мацановой выделилась группа лиц (20%), которые обладали возможностью монокулярного глубинного глазомера *любым глазом*. Характерно, что у этих людей монокулярные оценки глубины (как правым, так и левым глазом) *точнее* бинокулярных как на далеком, так и на ближнем расстоянии. Данная группа, однако, отличается от тех испытуемых, у которых наблюдалось полное равенство монокулярных систем, с которым была связана невозможность монокулярного глазомера при большой точности бинокулярного. Напротив, у этой весьма своеобразной группы оказывается высокоразвитым как бинокулярное, так и обоестороннее монокулярное точное глубинное ощущение. Можно предположить, что высокая чувствительность бинокулярного глазомера и точность монокулярного глазомера обеих сторон светового анализатора взаимосвязаны. Напомним о том, что «симметрики» оказались неспособными к монокулярной оценке расстояния любым глазом, а их бинокулярная глазомерная чувствительность характеризовалась средними пороговыми величинами. Поэтому, несмотря на не-

которое внешнее сходство между указанными группами, они качественно отличны друг от друга. Дело в том, что интересующая нас группа характеризуется особой подвижностью во взаимоотношении монокулярных систем, срочным характером переключения ведущей роли с одного глаза на другой.

Кроме того, имеет место наиболее высокое развитие бинокулярного глазомера. Можно предполагать, что в подобных случаях *переключение* взаимной индукции нервных процессов определяет максимальную пластичность обеих частей светового анализатора. Характерно, что подобное переключение происходит не само собой, а при существенных изменениях расстояния между обоими воспринимаемыми объектами. Иначе говоря, *переключение* индуктивных отношений между обеими монокулярными системами носит ясно выраженный характер. Кора головного мозга в целом изменяет в каждый момент (соответственно меняющимся внешним условиям) соотношение между обеими частями светового анализатора.

Позднее данные В. А. Мацановой были проверены И. Г. Клейтман, которая и подтвердила основной факт связи монокулярного глубинного глазомера с функциональной асимметрией. Однако дальнейшее изучение вопроса (по той же методике) показало, что эти связи еще более многообразны и пластичны, чем предполагали раньше. Во-первых, оказалось, что рефлекторная зависимость глубинного глазомера носит как бы *зональный* характер: один и тот же испытуемый проявляет разные особенности симметрии и асимметрии с изменением положения объектов от ближнего к дальнему плану движения воспринимаемых объектов. Наибольшее затруднение отмечалось у всех испытуемых в *средней* зоне, где не было резкого *контраста* между пространственным соотношением объектов и общим пространством аппарата. В этой зоне соотношение между обоими монокулярными системами изменялось особенно резко, проявляясь различно в определенных пространственных условиях.

Другой интересный факт, обнаруженный Клейтман, заключался в том, что в явлении глубинного глазомера имело значение не только соотношение правой и левой сторон светового анализатора, но и пространственное соотношение (сторон) самих объектов. До опытов Клейтман мы полагали, что раздражителем глубинного ощущения является только *разность расстояния* между двумя параллельно расположенными объектами. Дистанция в 21 мм и есть такая минимальная пороговая величина в данном эксперименте. Первоначально предполагалось, что для светового анализатора совершенно безразлично, какой из объектов (правый или левый) перемещается с целью увеличения или уменьшения разности расстояния между обоими объектами. Опыты И. Г. Клейтман доказали обратное. Оказалось, что для *монокулярного* глубинного глазомера имеет значение *вектор* изменения этой разности.

Дифференцировка векторов изменения разности (в зависимости от правого или левого направления этой разности) приводит к перестройке взаимоотношений между обеими монокулярными системами. В зависимости от направления изменяемой разности расстоя-

ний между двумя воспринимаемыми объектами то правый, то левый глаз становится ведущим у одного и того же испытуемого.

Этот факт, обнаруженный в нашей лаборатории И. Г. Клейтман, имеет исключительно важное значение для понимания индуктивных отношений между обеими монокулярными системами в процессе пространственного видения. Причинность данного факта заключена в *условнорефлекторном* характере пространственного видения, отражающего малейшие изменения в пространственных условиях воздействия раздражителей на световой анализатор.

В свете вышесказанного станут понятными новые факты, добытые экспериментально Е. М. Горячевой. Ее исследование было посвящено изучению явления функциональной асимметрии в прицельной способности зрения и состояло из двух частей. В первой части своих опытов Е. М. Горячева проверяла по нашей методике выводы нашего раннего исследования о ведущем по прицельной способности глазе. Эти выводы были в основном подтверждены, но количественное распределение испытуемых по группам симметрии, право- и левосторонней асимметрии несколько отличалось от наших данных. Задача первой части, однако, имела и собственное значение. Оно заключалось в установлении известной *устойчивости* ведущего глаза при тождественных, неизменных пространственных условиях. Е. М. Горячева подтвердила ранее установленное нами положение о том, что при неподвижном постоянном положении испытуемого и фиксируемого объекта малой величины (на расстоянии 5 м) световой анализатор отвечает одной и той же *стереотипной* реакцией.

Подтвердив положение о стереотипности монокулярных соотношений при неизменных пространственных условиях, Е. М. Горячева перешла ко второй части своего исследования. Она модифицировала нашу методику в том отношении, что фиксируемый объект устанавливался ею на перемещающемся по рельсам приборе, причем точно учитывалась величина перемещения, изменяющая расстояние от воспринимающего человека до воспринимаемого объекта.

Для увеличения расстояния испытуемый пользовался биноклем. Иначе говоря, во второй части исследования Е. М. Горячева ограничила свою задачу выяснением *роли угла зрения в динамике монокулярной локализации объекта.*

С этой целью были исследованы 25 человек. Для уточнения результатов через $1^1/_2$—2 месяца Е. М. Горячевой были проведены повторные опыты, в которых угол зрения менялся от 0°3′ до 0°11′20″. По данным экспериментов, исследуемые разделялись на три группы. К первой группе относились лица, у которых при увеличении угла зрения наблюдалось и увеличение пороговых изменений. Во вторую группу вошли лица, у которых отмечалось непостоянство пороговых изменений. При монокулярных и бинокулярных показаниях последняя группа была самой малочисленной. Офтальмологическое обследование этих испытуемых обнаружило у них явления резкого астигматизма (миопического — два случая, смешанного и гиперметропического по одному случаю). *Нарушение постоянства изменений* объяснялось здесь известными дефектами зрительных рецепторов.

Рассмотрим данные о динамике пространственной локализации объекта в каждой из групп. В первой группе у испытуемых бинокулярные показания совпадали с показаниями ведущего глаза (в 6 случаях правого глаза, в одном — левого). При этом сами бинокулярные показания не зависели от предшествующих монокулярных показаний, т. е. бинокулярное зрение ничего не испытывало последействий предшествующего зрительного монокулярного акта, не тормозилось предшествующей реакцией неведущего глаза, что особенно важно подчеркнуть.

Зрительный аппарат, по данным офтальмологического обследования, характеризуется равносторонним функциональным нормальным состоянием, за исключением одного случая миопии. Пороговые сдвиги у этой группы наблюдаются по *зонам неравномерно* относительно к величине угла зрения. Е. М. Горячева установила пять таких зон: 1) при угле зрения 0°3′ пороговые изменения колеблются от 0 до 2,5 см; 2) при угле зрения 0°5′ наблюдается прирост от 0,2 до 2 см, т. е. с увеличением угла зрения отмечается *прирост* точности локализации; 3) при угле зрения 0°5′—0°7′ удерживается прирост от 0,2 до 2 см; 4) при угле зрения 0°7′—0°9′ прирост изменяется, характеризуясь величиной от 0,5 до 1,3 см; 5) при угле зрения 0°10′20″—0°11′ показания приближаются к первоначальным данным, свидетельствуя об известной лабильности порогов.

Во второй группе бинокулярные показания неустойчивы и носят адаптационный характер, т. е. приспосабливаются к предшествующим монокулярным показаниям, которые оказывают на бинокулярное зрение *тормозящее* действие. В этой группе пороговые изменения также носят прерывный *зональный* характер, но в противоположную первой группе сторону, а именно в сторону неравномерного уменьшения этих изменений в связи *с увеличением угла зрения*.

Офтальмологическое обследование и в данных случаях свидетельствует о равностороннем состоянии рецепторов, за исключением одного случая миопии. Однако, по данным Е. М. Горячевой, здесь мы имеем весьма подвижное соотношение между монокулярным и бинокулярным зрением, при котором бинокулярное зрение выражает преобладание то одной, то другой монокулярной системы в зависимости от изменения угла зрения, что сказывается в совпадении бинокулярной оценки с любой предшествующей монокулярной.

В указанных случаях возбуждение монокулярной системы носит длительный иррадиированный характер, распространяющийся и на другую систему, которая при этом тормозится. Смена данной монокулярной реакции (например правого глаза) бинокулярной, а затем бинокулярной — другой монокулярной реакцией (например левосторонней) перестраивает характер бинокулярного зрения. Перестраивается и само монокулярное зрение в процессе приспособления к изменениям пространственных условий видения. Этот факт ясно отмечается особенно в первой группе, где за кажущейся устойчивостью функциональной асимметрии обнаруживаются прерывные пороговые изменения монокулярной локализации объекта ведущим по прицельной способности глазом.

Можно было обратить внимание на то, что соотношение величин монокулярных показаний (в отношении к бинокулярному зрению) изменяется с увеличением угла зрения. При малых углах зрения оно сказывается наиболее резко. Расхождение монокулярных показаний как бы сменяется их относительным сближением, а затем вновь расхождением. Иначе говоря, один и тот же глаз является то более, то менее ведущим, или, напротив, то более, то менее неведущим в бинокулярном зрении.

Очевидно, что мера монокулярного преобладания зависит от внешних пространственных условий и является как бы условнорефлекторной реакцией на изменение соотношений между дистанцией наблюдения и величиной объекта.

При дефектах глаза (астигматизме) данная закономерность выступает в парадоксальной форме: с изменением угла зрения ведущим становится то один, то другой глаз. Кора головного мозга, как мы говорили выше, явно преодолевает этот дефект, динамически перестраивая соотношение монокулярных систем в соответствии с требованиями среды.

Итак, ведущий глаз *многообразно* проявляется даже в одной области пространственного видения, а именно в монокулярной и бинокулярной локализации объекта. Это многообразие определяется условнорефлекторными изменениями работы светового анализатора в зависимости от изменения пространственных условий.

Остановимся на опытах М. Г. Бруксон по изучению феномена ведущего глаза у умственно недостаточных детей. Сравнительно с нормальными детьми 10—12 лет, умственно недостаточные дети того же возраста обнаружили *редкость* данного феномена. Преобладающее число случаев было отнесено М. Бруксон к типу устойчивой симметрии обеих монокулярных систем. Устойчивая симметрия умственно недостаточных детей влечет за собой неустойчивость бинокулярной локализации объекта, сопровождающуюся явлением «двоения», обычно объясняемым резкой диспаратностью раздражаемых точек сетчаток обоих глаз. Однако, сопоставляя низкий уровень корковой деятельности этих детей и подобный факт резкой диспаратности изображения, можно предположить, что последняя определяется слабым развитием внутреннего торможения, которое, как установил А. Г. Иванов-Смоленский, связано с формированием у детей второй сигнальной системы, затем перестраивающей временные связи первой сигнальной системы.

Однако слабое развитие внутреннего, условнорефлекторного торможения означает и слабость индукции нервных процессов. Особенно ясно, что подобный факт препятствует образованию положительной индукции, возникающей вследствие торможения, усиление которого вызывает возбуждение в других участках коры.

Подводя итоги всему вышеизложенному, можно предположить, что в основе преобладания одной монокулярной системы над другой (ведущего глаза) лежит именно *положительная* индукция нервных процессов в коре головного мозга, определяющая функциональное состояние светового анализатора в целом. Но индукция нервных про-

цессов не является постоянной, независимой от изменения внешних условий, а, напротив, отражает динамику этих изменений.

Тот факт, что ведущим по той или иной функции пространственного видения (полю зрения, глубинному ощущению, остроте зрения, локализации объекта в пространстве) является то один глаз, то другой, свидетельствует о смене положительной индукции отрицательной и наоборот. Все многообразие функциональной асимметрии обнаруживает условнорефлекторную природу индуктивных отношений в парной работе больших полушарий.

На зависимость функциональной асимметрии от развития индивидуального опыта указывает, например, установленный Г. А. Литинским факт относительно позднего формирования у детей ведущего глаза (не ранее 3—5 лет). У умственно недостаточных детей, как показала М. Г. Бруксон, слабое развитие условнорефлекторной деятельности определяет и относительную редкость среди них функциональных асимметрий.

Остается сделать вывод об общей природе ведущего глаза как показателя функциональной асимметрии зрения.

Цикл наших исследований по этому вопросу, здесь изложенный, отвергает две существующие концепции механизма ведущего глаза. Ряд офтальмологов (акад. М. И. Авербах, М. Ю. Зайончковский, В. В. Склярович и др.) считает, что этим механизмом является своеобразие мышечного прибора глаз, фактически близкого к состоянию дефекта зрения. Так, например, М. И. Авербах полагал, что таким механизмом является скрытое содружественное косоглазие, М. Ю. Зайончковский и другие указывают на резкую разницу рефракции правого и левого глаз.

Эта «периферическая концепция» противоречит всем добытым в нашей лаборатории фактам. Функциональная зрительно-пространственная асимметрия носит массовый характер. Отсутствие асимметрии, напротив, встречается не более чем в четверти всех случаев (по данным нашим, Е. М. Горячевой, В. А. Мацановой и других исследователей).

Все наши испытуемые без исключения были обследованы офтальмологами, в частности доктором С. И. Маньковецким (поликлиника для ученых при ЛГУ им. А. А. Жданова).

Из наших опытов исключались лица, страдающие теми или иными дефектами зрения, или они выделялись в особую группу. Основная масса испытуемых определялась офтальмологами в качестве лиц с нормальным состоянием обоих глаз, с приблизительно тождественными двусторонними показателями рефракции, аккомодации, остроты зрения и т. д. Несмотря на нормальную тождественность периферического прибора зрительных рецепторов у подавляющего большинства подобных лиц обнаруживались те или иные формы функциональной оптико-пространственной асимметрии. Можно считать на основании всех экспериментальных данных (и корреляции их с офтальмологическими показаниями), что «периферическая» концепция ведущего глаза несостоятельна и противоречит действительности.

Г. А. Литинский, крупный специалист по данному вопросу, делает попытку выйти за пределы такой «периферической» концепции. Он считает, что функциональная асимметрия есть результат сочетания как периферических факторов (особенностей органов зрения), так и центральных (деятельности коры больших полушарий). Но им практически не были предприняты исследования для определения роли этих так называемых центральных факторов. Между тем, «центральный фактор» может толковаться ошибочно как морфологическая основа врожденного левшества и правшества, с которыми связано то или иное «генотипическое» предрасположение доминирования одного из полушарий.

Взаимоотношения обоих полушарий головного мозга не могут быть выведены лишь из структуры мозга, без понимания законов высшей нервной деятельности коры головного мозга. Не случайно И. П. Павлов ставил и разрешал вопросы *парной* работы больших полушарий в *системе* своего учения о законах высшей нервной деятельности. Лишь в этой системе научно объясним и механизм функциональной асимметрии в деятельности светового анализатора человека. Все наши экспериментальные данные свидетельствуют о том, что ведущий глаз есть не прирожденная функция одного полушария, а динамический показатель взаимодействия обоих полушарий головного мозга. Эта соединенная деятельность больших полушарий не является, в свою очередь, какой-то «особой» деятельностью, но именно она и есть высшая нервная деятельность, законы которой были открыты И. П. Павловым и его школой. В соединенной деятельности особое значение приобретают законы взаимной индукции нервных процессов.

Мы полагаем, что смена знаков «ведущего глаза» (с правого на левый и наоборот), равно как и изменение меры ведущего в бинокулярном зрении глаза — один из показателей взаимной индукции возбуждения и торможения.

Относительная длительность и устойчивость определенного ведущего глаза в ряде наших случаев объясняются тем, что процессы возбуждения и торможения были разделены пространственно в обоих полушариях. В то же время мы не имели случаев абсолютной устойчивости ведущего глаза при изменении угла зрения или вида деятельности светового анализатора в изменившихся условиях, что свидетельствует о смене *фаз индукции* (от положительной к отрицательной и наоборот).

Явление положительной индукции легко заметить при монокулярном зрении. Если закрыть, например, левый глаз и смотреть одним правым глазом, то в соответствующих точках мозгового конца светового анализатора (в обоих полушариях), связанных пучками зрительного нерва с левым глазом, возникает и развивается тормозной процесс, усиливающий возбуждение других точек светового анализатора, связанных с правым глазом, непосредственно раздражающимся световыми агентами. Можно думать, что в силу положительной индукции обостряется чувствительность правого глаза (не только остроты зрения, но и других функций пространственного виде-

ния). Естественно поэтому, что закрывание одного из глаз, применяемое в практике прицеливания, микроскопирования, геодезической съемки и т. д., происходит с той стороны, с которой не производится *активное действие в целом,* включающее зрительно-моторную координацию. Этим объясняется не *прирожденная, а индивидуально приобретенная, условнорефлекторная связь ведущей руки и ведущего глаза.*

Как же, однако, объяснить явление ведущего глаза при *бинокулярном* смотрении, при двух *открытых глазах?* Известно, что опытные стрелки уже не закрывают одного глаза при прицеливании, а опытный биолог — при монокулярном микроскопировании объекта.

В последнем случае А. А. Ухтомский убедительно разъяснил, что слабые побочные раздражения открытого левого глаза усиливают возбуждения микроскопирующего правого глаза. Но в деятельности опытного стрелка такого резкого обособления деятельности обоих глаз не замечается. Значит ли это, что у него отсутствует функциональная асимметрия, характеризуемая определенной фазой взаимной индукции?

Ответ на этот вопрос дали опыты А. С Егорова. На их основании можно предположить, что с образованием специального опыта (например стендовой стрельбы) совершенствуется *пластичность* индуктивного механизма ведущего глаза, т. е. прогрессирует *переключаемость* сторон в процессе *функциональной симметрии,* возникающей путем уравновешивания деятельности обоих полушарий, К такому уровню люди приходят в результате длительного и эффективного упражнения, т. е. образования целой специальной системы временных связей. При этом в начале обучения и самостоятельной практики обычно имеет место закрывание одного из глаз, которое становится *само условным раздражителем для светового анализатора,* усиливающим возбуждение в другой его части.

Кроме того, в деятельности стрелка, как и во всякой другой деятельности, образуется динамический стереотип, резко отличающий опытного стрелка от новичка или человека, вовсе не практикующегося в прицельной деятельности.

Сравнивая данные об отсутствии функциональной асимметрии зрения на ранней стадии развития (у детей 3—5 лет) с последующим формированием и усилением этого феномена у взрослых, а затем, на самой высшей стадии — специальной деятельности пространственного различения — «снятие» феномена ведущего глаза можно считать лишь кажущимся, а развитие этого феномена *стадиальным,* отражающим развитие высшей нервной деятельности человека в целом. В связи с этим нельзя не отметить, что в специальной практической деятельности человека ведущую роль играет вторая сигнальная система и ее единство с первой сигнальной системой.

Достаточно указать на то, какое значение имеют команда и словесная инструкция при обучении стрельбе, геодезической съемке и т. д., а затем внутренняя речь самого стрелка при прицеливании и стрельбе. Можно думать, что именно вторая сигнальная система уравновешивает работу обеих частей светового анализатора, способ-

ствует *переключению сторон* в зависимости от изменения условий, а затем выработке относительно *равносторонней* функциональной работоспособности обеих монокулярных систем. В этом переключении немалую роль играет и открытие павловской школой закономерности переноса условных рефлексов с одной стороны на другую. В деятельности опытного стрелка, первоначально ориентировавшегося монокулярно, перенос с ведущего глаза на неведущий несомненно способствовал выработке нового, более высокого уровня деятельности всего светового анализатора в целом.

Рассматривая проблему функциональной асимметрии пространственного различения с точки зрения павловской концепции парной работы больших полушарий, мы пришли к выводу, что индуктивный механизм функциональной асимметрии и симметрии есть общее явление для всех анализаторов человека, по крайней мере тех, которые выполняют определенную деятельность в ориентировке человека в пространстве. Из частного вопроса о механизме ведущего глаза возник более общий вопрос о функциональной асимметрии и симметрии в работе анализаторов вообще.

Мы сочли возможным использовать экспериментальное исследование различных по модальности видов пространственного различения в качестве одного из методов изучения парной работы больших полушарий.

В этом плане принципиальное значение для нас имело изучение пространственной ориентировки посредством *звукового анализатора человека*. Дело заключается не только в том, что данный анализатор играет исключительную роль в жизни человека, в процессе общения посредством звукового языка, но и в том, что именно в отношении звукового анализатора И. П. Павлов впервые сформулировал положение о значении соединенной работы больших полушарий в пространственной ориентировке.

Одновременно с опытами К. М. Быкова в лаборатории И. П. Павлова Г. П. Зеленый и А. М. Руковятина в специальной работе выясняли вопрос о том, односторонними или двусторонними являются связи слухового рецептора с корой больших полушарий. С этой целью у подопытной собаки удалялась кора левого полушария, а затем улитка в левом ухе. Изучение условных рефлексов со звукового анализатора у этой собаки показало, что у нее вырабатывались как условно-пищевые, так и условно-оборонительные рефлексы на звук, равно как и дифференцировка тонов. Существенного отличия от нормальной собаки при выключении коры одного полушария не было обнаружено. Однако этими авторами специально не определялась связь и дифференцировка местоположения звука. Интерес опытов Г. П. Зеленого и А. М. Руковятиной заключается лишь в том, что они подтвердили факт связи каждого слухового рецептора как с одноименным, так и с противоположным полушарием, известный из морфологического описания ходов волокон слухового нерва от каждого уха к каждому полушарию (их частичный перекрест). Частичный перекрест слуховых нервов обеспечивает возможность компенсации односторонне нарушенной функции. Объяснить это явле-

ние можно лишь исходя из павловского понимания мозгового конца анализаторов как сочетания массы ядерных и рассеянных клеток. Из этого учения следует, что, во-первых, ядерные клетки звукового анализатора имеются в височных областях обоих полушарий, почему и сохраняется звукоразличение при выключении одного из полушарий; во-вторых, что даже и после выключения височных областей обоих полушарий звукоразличение отдельных тонов и шумов (а не звукокомплексов) относительно сохраняется благодаря деятельности рассеянных клеток звукового анализатора.

Дальнейшее исследование данного вопроса было проведено П. Г. Снякиным в лаборатории известного ученика И. П. Павлова — Л. В. Андреева. Это исследование было посвящено бинауральному эффекту у собаки без одного полушария.

Обратимся к фактам П. Г. Снякина.

У собаки было удалено левое полушарие, после чего вырабатывались условные рефлексы на звонок, свет, звук метронома (120 ударов в 1 секунду) и дифференцировка к звуку метронома частотой 60 ударов в 1 секунду. Для определения бинаурального эффекта был введен специальный раздражитель — тон частотой в 1000 герц, подававшийся от генератора к телефонной трубке. Посредством особого приспособления этот раздражитель передвигался справа налево и обратно, причем именно левое положение источника звука было дифференцировочным.

В таких же условиях испытывалась нормальная собака.

Сравнивая экспериментальные данные, П. Г. Снякин делает вывод о том, что собака с нарушенным левым полушарием ничем не отличается от нормальной собаки в отношении бинаурального эффекта. Автор не делает более широких обобщений, но читатель вправе подумать о том, что положение И. П. Павлова о решающей роли соединенной работы больших полушарий в локализации звуков этими фактами отрицается. Позже мы возвратимся к анализу основного вывода П. Г. Снякина.

Большой интерес представляют факты П. Г. Снякина об особенностях двигательной реакции на звук у обеих собак.

Нормальная собака ориентируется в направлении звука поднятием головы и вздергиванием ушей, а затем поворотом головы в сторону звука. Однополушарная собака реагирует на направление звука вращением головы по оси позвоночника или касательными движениями головой вправо и влево или вверх и вниз, а затем поворачивается головой в сторону звука. Ориентировочно-двигательная реакция имеет место лишь при изменении *направления* звука, но отсутствует при действии постоянных по *местоположению* условных звуковых раздражителей.

Данный факт интересен тем, что однополушарное животное достигает пространственно-звукового различения особой ассоциацией деятельности звукового и двигательного анализаторов. У однополушарного животного повороту головы к источнику звука (общий с нормальной собакой момент двигательной реакции) предшествует серия качественных движений вправо — влево или вниз — вверх. Эти

качательные движения представляют собой компенсаторные приспособления. обеспечивающие точность собственно звуко-пространственной дифференцировки.

Можно ли считать, однако, что опыты П. Г. Снякина «сняли» положение И. П. Павлова о пространственно-звуковой дифференцировке как функции соединенной работы больших полушарий? Ни в какой мере. Нужно помнить, что в проблеме парной работы больших полушарий И. П. Павлов усматривал два аспекта, несомненно связанные друг с другом, но не тождественные. Один аспект заключался в вопросе, «что рассчитано в ней на замещаемость», а другой в том, «какие выводы и излишки дает постоянная соединенная деятельность обоих полушарий?».

Оба эти взаимосвязанных аспекта соответствуют фактам разделения деятельности обоих полушарий, с одной стороны, и возмещения деятельности пораженного полушария работой остающегося полушария — с другой. С фактами разделения деятельности и компенсацией связана соединенная деятельность больших полушарий.

Опыты П. Г. Снякина относятся лишь к одному из аспектов проблемы, именно к компенсации функции при удалении одного из полушарий. Добытые им факты свидетельствуют о том, что такая компенсация функций в звуко-пространственном различении осуществляется за счет новых условнорефлекторных взаимодействий оставшихся частей звукового анализатора и сенсибилизированного двигательного анализатора одного полушария. Однако этими опытами вовсе не решается вопрос о том, какие выгоды и излишки дает соединенная деятельность больших полушарий в функции пространственно-звукового различения в *нормальном* состоянии организма. Кроме того, они не отвечают на вопрос о том, каков действительный механизм «однополушарного» звуко-пространственного различения, так как нет уверенности в том, что при поражении целостного аппарата слухового различения у собаки не развивается *вибрационная* чувствительность, т. е. что собака приспосабливается к изменению местоположения звука качественно иначе, чем в нормальном состоянии.

Периодические колебания движущейся звуковой волны, как известно, могут воздействовать не только на звуковой анализатор, но и на чувствительные приборы кожи, мышц и сухожилий, следствием возбуждения которых являются реакции не слуховые, а вибрационные. На участие вибрационных реакций двигательного (а возможно и кожно-механического) анализатора в пространственной ориентировке однополушарной собаки указывают своеобразные явления двигательной ориентации этого животного в опытах П. Г. Снякина.

Следует отметить, что за последние два десятилетия были опубликованы исследования бинаурального эффекта, в том числе и поражений этого эффекта при локальных травмах головного мозга человека. Так, например, было отмечено, что расстройство бинаурального слуха обнаруживается при поражениях комплекса височно-теменно-затылочной области как левого, так и правого полушария (данные С. М. Блинкова и др.), что свидетельствует о сложном системном механизме бинаурального слуха. Однако эти данные, равно

как и данные других исследователей в области физиологической акустики, не освещают вопроса о зависимости бинаурального слуха ни от качества самого звука, локализуемого в пространстве (его высоты, громкости, тембра), ни от конкретных особенностей пространства (расстояния, направления), в котором звук локализуется. Далее надо отметить, что недостаточно изучены в литературе явления функциональной асимметрии в пространственно-слуховом различении.

В связи с интересующими нас проблемами были проведены опыты, проливающие некоторый свет на данные явления. Так, еще до войны в нашей лаборатории был поставлен цикл исследований бинаурального слуха С. Е. Драпкиной, которой впервые были получены дифференциальные данные об особенностях бинаурального слуха. Так, в опытах С. Е. Драпкиной было установлено, что длительность звучания имеет значение лишь в сочетании с известной громкостью звука. Высота звука имеет различное значение для его локализации. Низкие звуки локализуются точнее, чем высокие. Соотношение громкости и длительности звука становится комплексным раздражителем *при изменении направления* звукового воздействия. Подобное соотношение имеет особое значение для точной локализации *верхних* и *задних* по местоположению источников звука. Эти направления звука, а также и положение его источника спереди, дифференцируются человеком со значительно большим трудом, чем правое и левое, т. е. по горизонтали положения самих слуховых рецепторов.

Из опытов С. Е. Драпкиной следует, что: 1) вектор звуковых раздражений, как и в отношении оптических раздражителей, является специфическим раздражителем для слухо-пространственной ориентировки; 2) каждый из шести векторов (правое, левое, нижнее, заднее, переднее направления звуков) оказывает различное действие на звуковой анализатор человека, что зависит от сложившейся в опыте человека ассоциации слуха, вестибулярных и мышечно-суставных ощущений.

Для определения особенностей слухо-пространственного различения, возможности его перестройки и новообразований особое значение имеют не направления правое—левое (преимущественно изучавшиеся другими исследователями), а направления верх—низ, сзади—спереди.

Этот вывод мы учли в последующих исследованиях. При этом нас особенно интересовал вопрос, как складываются взаимоотношения монауральных систем при изменении направлений.

Важно отметить, что уже исследование С. Е. Драпкиной дало основание считать, что бинауральный эффект в отношении различных направлений звуков не может быть полностью сведен лишь к разности времени и фаз звукового раздражения обоих ушей. Не могла быть признана удовлетворительной и гипотеза проф. Н. В. Белоголового, утверждавшего, что пространственно-слуховое различение сводится к симметрии звуковых восприятий. Под такой симметрией Н. В. Белоголовый разумеет равностороннюю остроту слуха.

Подобно М. И. Авербаху в офтальмологии (см. выше), Н. В. Белоголовый считает асимметрию слуховой функции явлением патологическим, дефектным, нарушающим возможность точного распознавания направления звука. В силу этого Н. В. Белоголовый принужден крайне расширить область подобной «патологии», так как, по его данным, из трех человек один обязательно страдает понижением слуха на одно ухо, а следовательно, у трети людей слуховая ориентация нарушена.

Позиции офтальмолога М. И. Авербаха и отоларинголога Н. В. Белоголового совпадают в вопросе о значении симметрии и асимметрии пространственного различения. Подобное совпадение не случайно: оно есть плод некритического усвоения многими офтальмологами и отиатрами «рецепторной» теории ощущений и пространственного различения, нарочито обособившей работу рецепторов от деятельности анализаторов в их единстве с механизмом временных связей.

Для выяснения рефлекторной природы слухо-пространственного различения, явлений симметрии или асимметрии в нашей лаборатории были поставлены опыты М. В. Неймарк.

Целью этих опытов было определение монауральной остроты слуха двумя средствами: камертонной методикой и аудиометрическим исследованием слуха. Специальная серия опытов М. В. Неймарк была посвящена определению бинаурального и монаурального пространственного слуха.

В опытах по камертонному определению остроты слуха раздражителем являлся удар тождественными камертонами (512 колебаний в секунду) друг о друга за спиной испытуемого, после чего камертоны разводились в стороны вправо и влево на расстояние 1,5 м, а испытуемый должен был определить, с какой стороны звук громче.

Для аудиометрического исследования остроты слуха использовался школьный аудиометр с диапазоном звуков 7 октав, при изменении громкости от 0′ до 130 дб.

Раздражителями в опытах были звуки с частотами 64, 128, 256 и 512 колебаний в секунду. Звук подавался через наушники отдельно к каждому уху. В целях уточнения показаний испытуемых в опытах М. В. Неймарк применялся дополнительный прибор, состоящий из картонного круга, перпендикулярно к основанию которого был укреплен полукруг. В центре полукруга имелась стрелка, передвигающаяся на 180°. Как круг, так и полукруг были градуированы с точностью до 5°. При определении направления звука испытуемый ставил полукруг так, чтобы его диаметр совпадал с линией горизонтального направления звука. После этого действия он устанавливал стрелку по вертикальному направлению к источнику звука.

Этот дополнительный прибор использовался при исследовании пространственной ориентации. Опыты по исследованию слуховой ориентации в пространстве производились посредством аудиометра и пяти репродукторов, расположенных на расстояниях 2 м от головы испытуемого по направлению справа, слева, спереди, сзади, сверху. Испытуемый находился в кресле Барани, приводимом в дви-

жение перед каждым по-новому локализованным звуком. Зрение испытуемого во время опытов было изолировано. В этой серии опытов раздельно исследовались бинауральный слух, правосторонний и левосторонний монауральный слух каждого испытуемого. По данным отиатрического обследования, слух всех 14 испытуемых оказался нормальным.

Результаты опытов М. В. Неймарк по каждой серии заслуживают специального анализа.

Камертонное исследование остроты слуха обнаружило, что полная симметрия, равенство остроты слуха, имелась лишь у 14%, а асимметрия остроты слуха у 86% испытуемых. Левосторонних асимметриков оказалось 50%, а правосторонних — 36%.

Аудиометрическое исследование остроты слуха *тех же испытуемых* выявило иную картину. В этих опытах соотношение изменяется. Случаи симметрии возрастают (по сравнению с опытами по камертонной методике) с 14% до 43%. Количество асимметрий снижается в этих опытах с 86 (в камертонных опытах) до 57%, из них только 7% испытуемых оказываются правосторонними асимметриками, а 50% — левосторонними.

Характерно, что у половины испытуемых показания по обеим методикам совпали (т. е. они оказались симметриками или асимметриками в обеих сериях опытов), у другой же половины испытуемых соотношения монауральных систем оказались совершенно различными в различных условиях опытов.

По отношению к этой части испытуемых стало ясно, что даже одна и та же функция — острота слуха — изменяется в зависимости от своеобразных акустических условий опыта (различия в высоте, тембре, громкости, длительности звуковых раздражителей и их соотношений). Так, например, правосторонний асимметрик в дифференцировке камертонных звуков становится симметриком в дифференцировке звуков генератора аудиометрической установки и т. д.

Опыты М. В. Неймарк вполне аналогичны ранее приведенным данным относительно вариативности работы светового анализатора в различных условиях. Очевидно, всякий эксперимент по исследованию, например, остроты зрения или слуха является одновременно комплексом *новых условий*, с которыми *устанавливается временная связь*. Иначе говоря, подобно остроте зрения, острота слуха вырабатывается и *изменяется* условнорефлекторно, чем и *определяется многообразная пластичность анализатора*.

Особенно интересными представляются данные М. В. Неймарк относительно взаимодействия монауральных систем в бинауральном пространственном слухе.

Прежде всего М. В. Неймарк подтверждает тот факт, что в боковых направлениях (левое, правое) звук локализуется легче и точнее, чем в переднем, верхнем, а особенно нижнем и заднем направлениях, она устанавливает *неоднородность* пространственной локализации звуков боковой линии (справа и слева). Факт асимметрии М. В. Неймарк констатирует прежде всего в неравной локализации звуков справа и слева. В различении этих направлений всего 29%

испытуемых проявили симметрию, а 71% — асимметрию. Из указанного количества 57%, т. е. больше половины всего числа, проявляют себя в дифференцировке сторон боковой линии как правосторонние асимметрики.

Итак, оказывается, что даже такая простая для человека контрастность направлений, как переход от правой стороны к левой и наоборот, является *критической* для определения функциональной асимметрии пространственного различения.

Однако функциональная асимметрия проявляется еще определеннее в отклонениях от действительного направления (вверх, вниз, назад, влево, вправо), т. е. эта асимметрическая установка как бы иррадиирует на другие слухо-пространственные реакции.

Если сравнить данные по бинауральным, правосторонним и левосторонним монауральным показаниям о локализации звуков по всем пяти направлениям, то обнаруживается следующее: отклонения (ошибки в локализации) при определении локализации сверху, спереди, сзади и т. д. выражаются в сведении этих направлений либо в правую, либо в левую сторону (например верхнее симметричное положение объекта определяется как верхнее слева или верхнее справа и т. д.). Из общего числа отклонений 60% — отклонения в правую сторону, 40% — в левую. М. В. Неймарк показала, что частота отклонений не совпадает с *величиной* этих отклонений в градусах. Если вправо отклонения чаще, то влево они глубже. Сумма величин отклонений вправо равна 46% всех отклонений, а влево — 54%.

На каждое отклонение влево приходится большее число градусов (45° на левое направление при 34° на правое).

Как подчеркивает М. В. Неймарк, оказалось, что не всякое заглушение одного уха ведет к отклонению в сторону противоположного уха, как это утверждал Н. В. Белоголовый. Результаты исследования М. В. Неймарк противоречат и выводу Н. В. Белоголового об анормальности асимметрий в бинауральном слухе.

Результаты опытов М. В. Неймарк не только не позволяют констатировать полную симметрию при правостороннем и левостороннем заглушении, но свидетельствуют об обратном.

Из общего числа испытуемых (при бинауральном слушании, а также при право- и левосторонних заглушениях) только 36% являются симметриками, остальные 64% асимметрики, из них правосторонние асимметрики — 36%, а левосторонние — 28%.

Отклонения при монауральном слушании показывают явное преобладание среди лиц с нормальным слухом асимметриков над симметриками, правосторонних асимметриков над асимметриками левосторонними.

Первоначально мы думали, что фактором асимметрии является *преобладание той или иной стороны самого звукового анализатора*, независимо от направления звука. Но затем оказалось, что фактором асимметрии относительно независимо от стороны анализатора служит именно само направление звука. Напомним аналогичный факт области зрения. В опытах И. Г. Клейтман по изучению монокулярных ощущений глубины оказалось, что имеет значение не толь-

ко то, *каким глазом* человек различает разность расстояний между двумя параллельными объектами, но и то, какая фигура изменяет свое положение (правая или левая). При этом обнаружилось, что левая или правая сторона воспринимаемого поля различно дифференцируется каждой монокулярной системой. Сходный феномен обнаруживается в опытах М. В. Неймарк с локализацией звука в пространстве.

При окончательной обработке данных она разделила всех испытуемых на три основные группы. К первой группе она отнесла таких людей, у которых наблюдается, с одной стороны, асимметрия правого и левого уха, с другой — симметрия в локализации звуков справа и слева, независимо от того, бинаурально или монаурально локализовались звуки.

Вторую группу М. В. Неймарк составила из лиц, у которых точность монауральной локализации звука любого направления соответствует более точной локализации звука справа (или у левосторонних асимметриков — слева) независимо от того, каким ухом локализуется звук.

Во второй группе уже ясно видна разделенность, параллельность, хотя и связанная, двух видов асимметрий. В двух случаях из данной группы обнаружена противоположность знаков этих асимметрий, а именно звук *справа* локализуется более точно, несмотря на то, что *левое ухо* локализует звуки лучше.

Наконец, в третьей группе М. В. Неймарк нашла полное соответствие между степенью точности локализации правым и левым ушами, но несоответствие при локализации звука справа и слева. У этих испытуемых «точность локализации зависит исключительно от направления звука и совершенно не зависит от того, каким ухом испытуемый слушает. У всех этих испытуемых звук справа локализуется несравненно точнее, нежели звук слева» (М. В. Неймарк).

Третья, последняя, группа особенно интересна тем, что в ней проявляется наиболее *обобщенная* форма асимметрии, относительно не зависящая от стороны анализатора и полностью зависящая от стороны положения объекта.

Можно думать, что в пространственно-слуховом различении, равно как и в зрительно-пространственном, вырабатывается своеобразный динамический стереотип, отражающий установившееся *соотношение* между положением объекта (местоположением звука) и *стороной* тела самого человека. Возможно, что такой стереотип формировался в условиях опыта, что необходимо проверить в дальнейшем.

Характерно в общем то, что лица с так называемым нормальным слухом вели себя по-разному в одинаковых условиях опыта (индивидуально-типические группы испытуемых по признакам симметрии и асимметрии). Еще более важно то, *что у одного и того же человека изменялось взаимоотношение монауральных систем с изменением пространственных условий звукового воздействия.*

Слухо-пространственное различение раскрывает тем самым свою условнорефлекторную природу. В основе изменяющегося соотноше-

ния монауральных систем, так же как и во взаимоотношении систем монокулярных, лежит, повидимому, индукция нервных процессов в коре головного мозга. Ведущим ухом в бинокулярном эффекте, равно как и в точности монауральных показаний, является то правое, то левое ухо в зависимости от того, где разыгрывается положительная индукция нервных процессов. Для образования индуктивных отношений, являющихся механизмом пространственного различения, необходима соединенная деятельность обоих полушарий, во всяком случае обеих половин мозгового конца звукового анализатора. Именно *подвижностью*, лабильностью индуктивных отношений в коре головного мозга (в зависимости от общего характера рефлекторной деятельности) и объясняется отсутствие «абсолютной» симметрии и асимметрии в области слуха, равно как и зрения.

По данным М. В. Неймарк, только в 7% случаев имелось полное совпадение симметрии остроты слуха и локализации звуков. Между типами асимметрии остроты слуха и пространственной локализации звуков никакого соответствия не обнаружено. Иначе говоря, в 93% случаев сказалась необычайная *пластичность* пространственного различения (поскольку и острота слуха есть изменение слуха в зависимости от изменения расстояния), механизмом которого является индукция процессов возбуждения и торможения в *обоих* полушариях головного мозга.

Этот вывод следует и из другого исследования, проведенного в нашей лаборатории Л. В. Климовой. Перед нею была поставлена задача также исследовать взаимодействие монауральных систем (по избирательной реакции на маскировку одного звука другим), но с тем, чтобы далее соотнести проявившийся тип слуховой симметрии или асимметрии с типом зрительной асимметрии или симметрии у тех же испытуемых.

Остановимся вначале на данных относительно функциональной асимметрии в области слуха, поскольку мы рассматриваем здесь эту проблему.

Л. В. Климова определяла преобладание одной монауральной системы над другой камертонной методикой, модифицированной посредством введения момента маскировки звуков (субъективно более тихих более громкими). Возбуждая камертоны ударом друг о друга, Л. В. Климова получала одновременно два звука одинаковой высоты и громкости. Затем камертоны устанавливались с двух сторон от головы испытуемого на расстоянии 50 см. Испытуемый (с закрытыми глазами) определял как положение, так и громкость звуков обоих камертонов. Полное равенство высоты и громкости звуков обоих камертонов (по 435 колебаний в 1 секунду) сохранялось во все время опытов, но субъективная маскировка одним звуком (казавшимся более громким) другого звука (казавшегося более тихим) сохранялась только в случае слуховой асимметрии.

Этот экспериментальный прием оказался удачным для определения ведущего уха при взаимодействии *одновременных слуховых* ощущений. Данные о подобной функциональной асимметрии далее сопоставлялись с данными об остроте слуха по мето-

дике проф. В. И. Воячека (посредством шопотной речи), в которой используется сочетание басовых или дискантовых звуков в словах, произносимых шопотом или вполголоса на различных расстояниях.

Л. В. Климова экспериментально показала, что эффект маскировки проявился в подавляющем большинстве случаев, а значит и сбнаружилась функциональная асимметрия *во взаимодействии одновременных слуховых ощущений* (как правосторонняя, так и левосторонняя). Тем более интересно, что тип функциональной асимметрии в эффекте бинауральной маскировки *не совпал* с типом обнаружившейся асимметрии *в остроте слуха*. Напротив, оказалось, что коэффициент корреляции (r) между этими типами асимметрии равен всего 0,27, а его средняя ошибка (mr) равна 0,23.

Здесь расхождение не только подтверждает общее обнаруженное нами правило *множественности и рефлекторной адекватности* функциональных асимметрий, но и некоторые их особенности. Они заключаются в том, что острота слуха по методике проф. В. И. Воячека (в отличие от камертонной и аудиометрической методик) есть определение остроты *речевого слуха,* а не «физикального».

Острота речевого слуха человека совершенно специфическая, так как она непосредственно связана с особенностями второй сигнальной системы. Конечно, взаимодействие обоих полушарий выступает в речевом слухе иначе, нежели при любой другой форме дифференцировки звуков.

Итак, опыты Л. В. Климовой также подтверждают предположение *о пластичности механизма пространственно-слухового различения.*

Л. В. Климова произвела количественный анализ связей между явлениями функциональной асимметрии слуха и зрения у одних и тех же людей. Материалом для вычисления корреляции послужили экспериментальные данные вышеописанных опытов Л. В. Климовой, с одной стороны, и опытов В. А. Мацановой по асимметрии зрительных ощущений глубины и зрительной способности зрения — с другой.

Методами вариационной статистики ею был разработан обширный количественный и разнокачественный экспериментальный материал. Общий результат этой обработки весьма показателен и может быть сведен к следующему выводу: полное совпадение сторонних особенностей (типа асимметрии) в зрении и слухе могло быть констатировано у 41%, а почти полное совпадение — у 22% испытуемых.

Итак, по данным Л. В. Климовой, общность зрительных и слуховых асимметрий обнаруживается в 63% всех случаев. Эти показатели приобретают особенный смысл при сопоставлении их с количеством и типом расхождений зрения и слуха. Полное расхождение качественных признаков в зрении и слухе обнаружено в 22%, почти полное расхождение в 4%, а частичное расхождение в 11%, т. е. всего в 37% случаев. О чем свидетельствует данный факт? Прежде всего о том, что функциональная асимметрия есть явление более или менее общее для системной работы коры головного мозга данного человека, а не только узко специальное

для отдельного анализатора. Далее, этот факт свидетельствует о том, что слуховая и зрительная пространственные ориентации имеют общие объекты, или комплексные раздражители, к которым относятся связанность оптических и акустических свойств предметов внешнего мира, тождественность ряда пространственных условий (например расстояний, направлений видимого или звучащего предмета и т. д.).

Связь между двумя анализаторами устанавливается условнорефлекторно. Зрительно-слуховая ассоциация имеет исключительное значение в умственной деятельности человека, в том числе и в пространственном различении. Формы этих ассоциаций изменяются с изменением пространственных условий жизни; они перестраиваются в разных направлениях, что и обнаруживается в виде индивидуально-типических особенностей интермодальных (в данном случае слухо-зрительных) связей.

Несмотря на относительную частоту подобных интермодальных связей нельзя считать их устойчивыми и глубокими. Напротив, вариационно-статистическая обработка данных свидетельствует о том, что *совпадение ведущих сторон зрения и слуха является весьма относительным.*

Нет ни одного случая, когда бы коэффициент корреляции превышал 0,56. Как заключает Л. В. Климова, корреляция либо не превышает средней величины, либо совершенно незначительна и, вследствие этого, недостоверна, либо почти отсутствует. Взаимоотношения между зрительными и слуховыми функциями (т. е. интермодальные связи) еще более многообразны и подвижны, нежели внутренние взаимоотношения функций зрения или слуха (интрамодальные связи). Эти интрамодальные связи суть определенные результаты высшего синтеза, осуществляемого корой головного мозга человека. Нет оснований полагать, что интрамодальные связи являются функциями одного ведущего, т. е. всегда и во всем преобладающего, полушария головного мозга, ибо они в еще большей мере, чем связи интрамодальные, выступают как функции индуктивных отношений в парной работе обоих полушарий.

Явление функционального неравенства было обнаружено и в области вибрационной чувствительности, а именно в исследовании Д. А. Ставровой, перед которой стояла задача изучить пороги вибрационных ощущений в начале и конце восприятия вибрационного раздражителя, адаптацию к вибрационному раздражителю, взаимодействие двух сигнальных систем в вибрационной чувствительности, вообще недостаточно развитой без специальной тренировки.

Для исследования вибрационных ощущений ею был применен вибратор конструкции Е. В. Андреевой-Галаниной с соответствующими дополнительными установками (трансформатором и реостатом). Кончик пальца помещался на кнопке вибратора, поднимавшегося или опускавшегося в зависимости от положения тела испытуемого. Пунктами приложения вибратора были первые фаланги всех пальцев (с ладонной стороны) обеих рук, подушечка ладони у большого пальца, предплечье с тыльной стороны и т. д.

Как следует из опытов Д. А. Ставровой, абсолютные (нижние) пороги вибрационных ощущений для разных точек руки (кисти и предплечья) различные; средней же минимальной величиной нижнего порога вибрационного ощущения по всем точкам является величина в $4 \cdot 10^{-5}$ см (10 делений реостата, рис. 9).

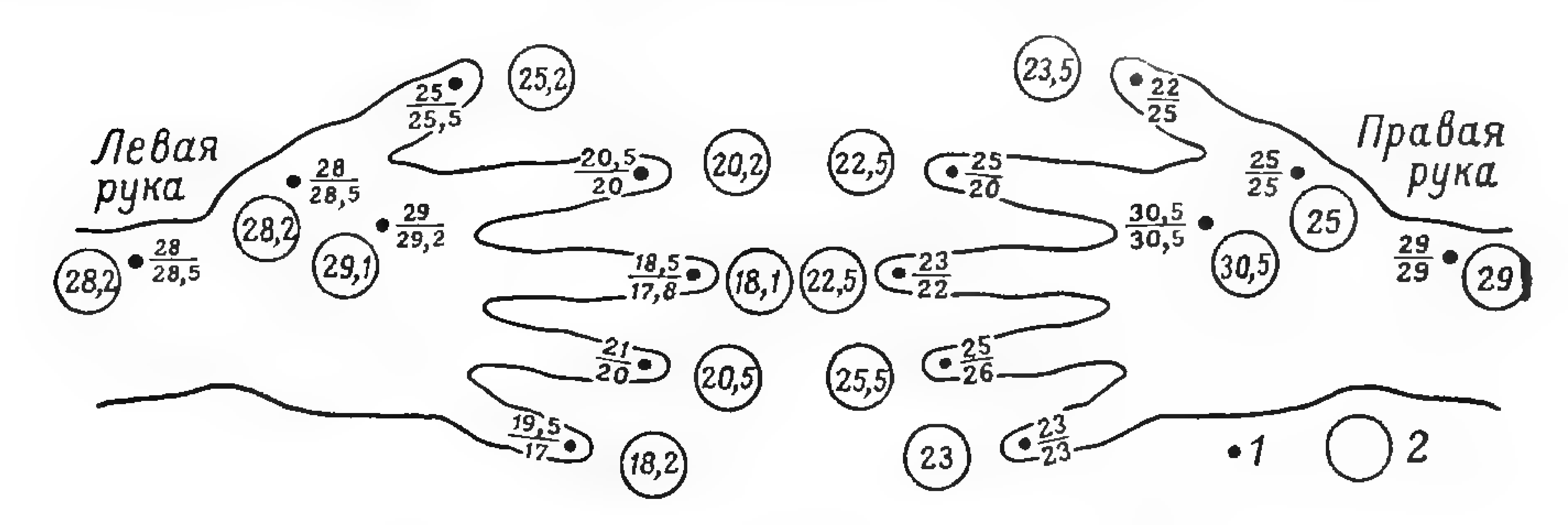


Рис. 9. Вибрационная чувствительность.
(По Д. А. Ставровой).

При длительном воздействии вибрационного раздражителя наблюдалась адаптация у 72,8% испытуемых.

В связи с общим интересом нашей лаборатории к проблеме функциональной асимметрии в работе различных анализаторов Д. А. Ставрова специально изучила особенности вибрационной чувствительности *симметричных точек правой и левой рук.*

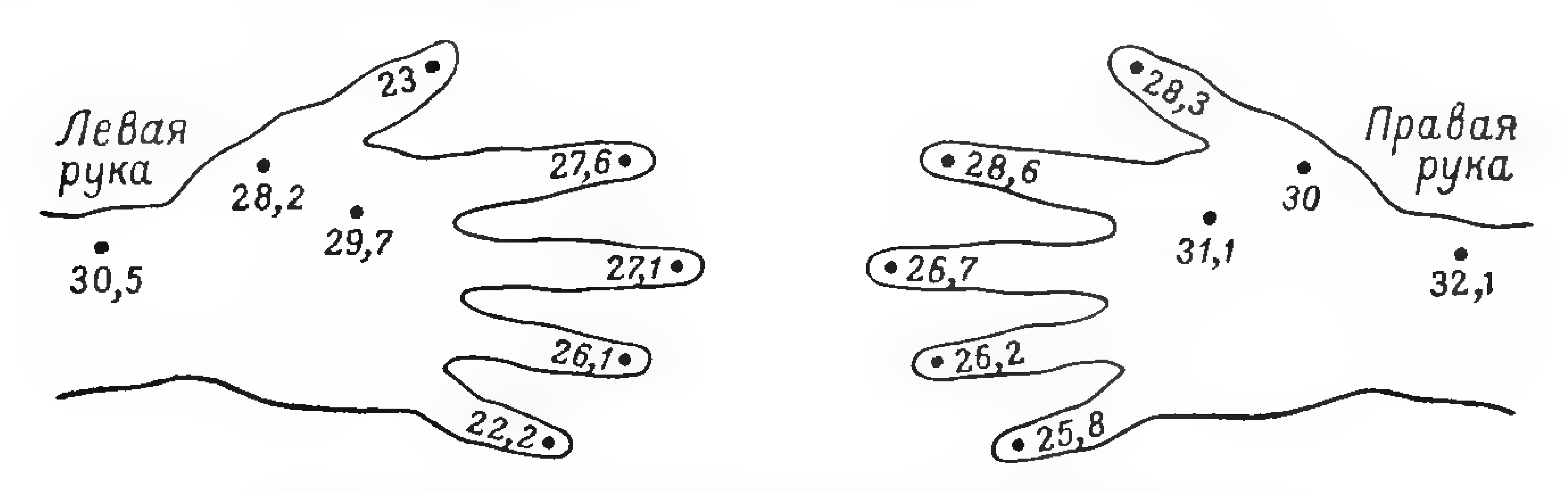


Рис. 10. Асимметрия вибрационного различения.
(По Д. А. Ставровой).

В результате кропотливого и длительного исследования Д. А. Ставрова установила, что из 43 испытуемых ни у одного нет совпадения вибрационной чувствительности на обеих руках. По сравнению со зрением и слухом, где асимметрия наблюдалась наряду с симметрией, в вибрационной чувствительности симметричность реакций не наблюдалась вовсе (рис. 10).

Такой первый общий вывод из опытов Д. А. Ставровой. Чем же можно объяснить подобный факт? Можно предположить, что вибрационные раздражения для человека, *впервые их испытывающего,* являются *сложным новообразованием,* предъявляющим особые требования к высшей нервной деятельности. При действии виброраз-

дражителей на одну руку усиленно возбуждается одно противоположное полушарие и тормозится другое. Усиленное торможение в одних участках коры вызывает возбуждение в других и т. д. Иначе говоря, при таком действии микровибрационных раздражителей, требующих тонкого и дробного анализа колебаний, происходит быстрая смена фаз индукции возбуждения и торможения. Трудно ожидать в этом случае стационарного возбуждения или торможения в одних и тех же участках коры, в одном и том же полушарии. Отсюда и полное отсутствие симметрии в показаниях обеих рук и, напротив, абсолютное преобладание явлений функциональной асимметрии.

Но как уже известно из исследования других видов чувствительности, существуют два вида подвижных асимметрий — правосторонняя и левосторонняя. В каком же соотношении находятся оба эти типа асимметрии в вибрационной чувствительности?

По данным Д. А. Ставровой, в большинстве случаев вибрационная чувствительность *левой* руки была выше чувствительности правой руки. Но этот общий вывод требует уточнения, так как оказывается, что на ладонной стороне первой фаланги большого пальца, на косточке III фаланги указательного пальца, на предплечье у тех же левосторонних асимметриков чувствительность оказывается выше на правой стороне.

Если дифференцировать уровни чувствительности по всем раздражаемым симметричным точкам тела испытуемых, то окажется, что в одних точках вибрационный анализатор выступает асимметрично: то в преобладании показаний одной руки, то другой, в зависимости от места раздражения.

Однако место раздражения — особое соединение виброрецепторов в различных частях костно-мышечной системы. Высший анализ и синтез данных раздражений изменяется в связи с особенностью раздражения нервных окончаний указанных частей. Этим объясняется вариативность функциональной асимметрии вибрационной чувствительности, что подтверждает общее положение об индуктивном механизме функционально-сенсорных асимметрий.

К сказанному следует добавить, что в опытах Д. А. Ставровой имел место однородный вибрационный раздражитель. В дальнейшем следует изучить явление функциональной асимметрии при разнородных виброраздражителях (не только при соприкосновении, но и при действии вибрации на расстоянии). Нет сомнений в том, что функциональная асимметрия в этом случае приобретает еще более переменный, пластичный, подвижной характер. Однако и этих предварительных данных достаточно для подтверждения нашей общей гипотезы.

* *
*

Парная работа больших полушарий особенно проявляется в совместной и раздельной работе обеих рук человека. Указанное своеобразие особенно ярко выступает при сравнении работы рук как *парных рецепторов* с деятельностью *других* парных рецепторов (обоих глаз, обоих ушей, обеих половин носа). К этому нужно добавить,

что парные рецепторы рук также характеризуются важным участием в отражении пространственных признаков и отношений предметов внешнего мира.

Прежде чем охарактеризовать особенные черты работы рук как парных рецепторов, необходимо коснуться условий работы рецепторов рук. Известно, что осязание отражает такие механические свойства внешних тел, как их фактура, упругость, плотность. Названные механические свойства тел обнаруживаются лишь в механической форме их движения, а именно *в перемещении и трении* как наиболее элементарных формах *взаимодействия материальных тел.* Эти явления свойственны и сложному высшему организму, в том числе и организму человека. Нетрудно убедиться в том, что *всякое* осязание, как чувственный процесс, имеет своим источником материальное взаимодействие *рецепторов и внешнего предмета,* грубо говоря, ту или иную форму трения. В кожно-механических и двигательных рецепторах механическая энергия трения превращается в нервный процесс. Различные компоненты трения рецептора и внешнего предмета являются сигналами для соответствующей работы мозговых каналов анализаторов и замыкательных аппаратов коры головного мозга.

В наших лабораториях более десяти лет систематически разрабатывается проблема осязания и осязательного восприятия пространства у зрячих и слепых людей. На основании многих экспериментальных исследований: Л. А. Шифмана, Ф. С. Розенфельд, А. В. Ярмоленко, А. Н. Давыдовой, Л. М. Веккера, А. В. Идельсона и Б. Ф. Ломова, а также наших собственных опытов мы можем кратко сформулировать общие условия осязательного различения, в том числе и различения пространственных признаков и отношений.

Явственно обнаружилось, что осязательное различение отражает механические свойства тел *только в процессе трения.* Имеются различные формы материального взаимодействия тела и рецептора. Одной из них является перемещение тела своей поверхностью относительно чувствующей поверхности рецептора, т. е. движение предмета при неподвижном положении руки или другой чувствующей поверхности человека.

Движение предмета по покоящейся руке формирует относительно адекватный образ предмета — его пространственно-временные признаки. При подобной форме одностороннего перемещения предмета относительно покоящейся руки протекает одна из форм осязания, а именно *пассивное осязание.*

Другая форма трения, другая форма материального взаимодействия рецептора и предмета выступает в активном осязании, характеризующемся высокой точностью, адекватностью отражения предмета, и возникает при трении движущейся руки *относительно воспринимаемого предмета.* При этом, как показано Л. М. Веккером, рука человека выступает в виде целостной координатной системы взаимодействия отдельных пальцев. Точкой отсчета в данной системе координат является большой палец, а наиболее подвижным и чувствительным компонентом — указательный палец. Взаимодействие этих

пальцев с остальными относительно ладони обеспечивает не только перемещение предмета рукой, но и дробный анализ его поверхности и граней, а также его плотности и упругости. Следовательно, при активном осязании сигналы идут от каждого раздельного движения отдельного пальца и от их совместной работы. Анализ и синтез раздражений неразрывно связаны в процессе активного осязания.

Измерительные функции активного осязания порождены *трудовой деятельностью рук*, поэтому кожно-механическое раздражение рук неразрывно связано с кинестетическими их раздражениями как сигналами совершаемых трудовых действий.

В связи с этим понятно, что активное осязание неразрывно связано *с разделением и взаимодействием рук*. Именно здесь заключен особый пункт интересующей нас проблемы, так как в нем обнаруживаются качественные отличия активного осязания от зрения.

Известно, что раздельные движения глазных яблок имеются лишь у младенца в первые месяцы жизни. В процессе индивидуального развития раздельные движения глаз сменяются содружественным их движением, без которого невозможен самый элементарный акт пространственного видения. Обособление движений обоих глаз возникает лишь в патологическом состоянии. В активном же осязании, напротив, содружественные движения рук являются помехой в том случае, если имеется полная синергия мышц обеих рук, полная синхронность в их движениях. Подобная синергия движения обнаруживается лишь в раннем детстве в хватательных и двигательных безусловных рефлексах. В процессе индивидуального развития у ребенка, напротив, *воспитывается* обособленная работа рук, причем ребенок упражняется под руководством взрослых *многие годы* на выполнении всех сложных движений самообслуживания, рисования, письма и т. д. *правой рукой*.

Разделение двигательных функций обеих рук общеизвестно. Оно имеет своим следствием резкое обособление работы каждой из рук друг от друга. Функциональную асимметрию рук даже и не нужно открывать, она давно открыта практически и теоретически. Но встал вопрос о том, когда и в связи с чем возникает подобная функциональная асимметрия рук? Известный ответ на него дает специальное исследование Н. И. Голубевой, проследившей и экспериментально изучившей развитие асимметрии рук у ребенка с первого месяца до года жизни. Ею установлено, что хватательные движения младенца относительно симметричны. С формированием предметных действий и зрительно-моторной координации начинается обособление рук, но оно рефлекторно зависит от стороны положения раздражителя (игрушки, звука человеческого голоса, общающегося с ребенком взрослого). В зависимости от этого положения у ребенка преобладает в движении то правая, то левая рука, но каждая из них так или иначе сопровождается движениями другой руки. В силу данного факта асимметрия рук еще крайне неустойчива и носит как бы периодический характер с отклонениями то в сторону правой руки, то в сторону левой. Даже специальное обучение ребенка правосторонним движениям не изменяет этих сменяющихся периоди-

ческих явлений асимметрии до тех пор, пока ребенок не становится в буквальном смысле на ноги. С ходьбой, прямохождением и вертикальным положением асимметрия углубляется и специализируется. Ребенок *держится* за опору, *берет* вещи и удерживает их, *ощупывает* уже преимущественно правой рукой. Не только в историческом филогенезе человечества, но и в онтогенезе ребенка обнаруживается взаимозависимость кинестезии рук и ощущения равновесия, т. е. предметных действий рук и прямохождения, имеющего особое значение при дробном анализе пространства и времени в практической ориентировке в пространстве внешнего мира.

Во время процесса обучения ребенка формам человеческого поведения асимметрия рук прогрессивно углубляется, достигая своего высшего уровня в актах письма и рисования.

В профессиональной трудовой деятельности эта асимметрия вступает в свою новую фазу, когда складывается динамический стереотип в работе двигательного анализатора.

Чем же можно объяснить *исторически* разделение обеих рук, обусловливающих функциональную их асимметрию, в кинестезии и осязании?

Разделение функций между обеими руками нельзя объяснить иначе, как в свете объективных условий самого *акта труда.* В последнем человек (субъект труда) имеет дело *всегда с двумя объектами:* 1) предметом труда и 2) орудием труда. До того как люди создали специальные приспособления для удержания и фиксации предмета труда в определенном положении, одна из рук и выступала в виде подобного натурального приспособления. Ясно, что одна и та же рука не могла без наличия технического приспособления одновременно оперировать как предметом, так и орудием труда. Можно полагать, что разделение обеих рук порождено необходимостью раздельного манипулирования двумя объектами: предметом труда и орудием труда. Одна из рук специализировалась преимущественно на манипуляциях предметом труда, другая — на манипуляциях орудием труда. Предмет труда надо было удерживать в определенном положении и перемещать постепенно с целью равномерной его обработки орудием труда. Движения руки, манипулирующей им, прогрессивно развивались во всех направлениях вместе с развитием техники обработки материалов. Подобное предположение о разделении обеих рук мы можем проверить на интересных данных советского археолога А. С. Семенова, который микроскопически изучил направления следов от ударов орудием труда на различных предметах труда раннего палеолита и произвел археологическую реконструкцию первобытного трудового действия. Эта реконструкция свидетельствует о том, что ударные действия орудием труда (равно как и последующие действия скобления, резания и т. д.) произведены *правой рукой.* Левая рука должна была в данных условиях играть роль естественной опоры для удержания и перемещения предмета.

Таковы исторические предпосылки разделения движения обеих рук. С ними связаны многие последствия. Одним из них является то

обстоятельство, что зрительно-моторная координация замыкалась по правой стороне тела, причем зрительный и кинестетический контроли движения правой руки оказались органически взаимосвязанными. В движениях правой руки кожно-механическая сигнализация могла иметь лишь второстепенное значение, так как она возникла от трения одного и того же орудия труда и кожных рецепторов правой руки. Другим последствием является иное соотношение двигательных и кожно-механических раздражений в левой руке. Здесь имело место трение каждый раз менявшегося предмета труда с кожно-механическими рецепторами левой руки. Статическое напряжение левой руки создавало малые возможности для дифференцировки двигательных сигналов, в связи с чем кинестезия левой руки развивалась меньше, чем правой. Зато пассивное осязание левой руки должно было развиваться более, чем правой. К тому же надо предположить, что при перемещении левой рукой обработанной поверхности предмета она становилась для глаза скрытой, невидимой. Единственным источником сигнализации при таком положении могла стать только кожно-механическая сигнализация. Разделение рук в трудовом акте должно было иметь своим следствием различную *специализацию рецепторов рук.*

Изучение современных производственных операций убеждает в том, что развитие техники, в том числе и автоматизации производственных процессов, не сняло, а, напротив, усугубило эту специализацию. Особенное значение для закрепления правосторонней асимметрии имеет развитие письменной речи. Но как в операциях письма и рисования, так и в большинстве механизированных операций участвует преимущественно двигательный анализатор человека. Лишь в ручных, немеханизированных операциях (например, укладка папирос или сборка обуви и галош) кожно-механический анализатор играет роль, почти равную двигательному. В этих операциях *активное осязание* является обязательным компонентом трудового действия. При ручном сборе хлопка, например, одновременное действие обеими руками повышает производительность труда, в значительной мере благодаря активному осязанию. При механизации производственных процессов перестраиваются взаимоотношения кожно-механических и двигательных рецепторов рук. Однако при ближайшем рассмотрении *различных* ручных операций обнаруживается, что у одного и того же человека правая и левая руки выполняют различные функции. Левая рука у правши не дегенерирует, а специфически развивается и нередко оказывается более сильной, более устойчивой в действиях со статическим напряжением мышц (например поднятие или ношение тяжестей). У левши, напротив, такой ведущей в статическом напряжении может быть, как мы видели, правая рука.

Сейчас особенно важно отметить другое, а именно, что взаимоотношение кожно-механических и двигательных рецепторов в каждой *отдельной* руке *многозначно,* а не однородно. В зависимости от условий и действий самого человека рука действует то как комплекс кожно-механических рецепторов (в пассивном осязании), то

в сочетании указанного комплекса с комплексом двигательных рецепторов (в активном осязании), то как комплекс двигательных рецепторов (сложные и произвольные движения и действия).

Механизм этих ассоциаций ощущений не может быть одинаковым, поскольку все комплексы рецепторов входят в *различные системы анализаторов* (кожно-механического или двигательного). Активное осязание есть продукт взаимодействия обоих анализаторов, в то время как пассивное осязание есть функция кожно-механического анализатора, а ощущение движения — функция двигательного анализатора. Значит, активное осязание в своей основе имеет временную связь между кожно-механическим и двигательным анализаторами. Не случайно поэтому, что активное осязание у ребенка формируется позже пассивного, а также позже элементарной кинестезии рук.

Как можно представить себе механизм пассивного и активного осязания в связи с особенной природой кожно-механического и двигательного анализаторов в целом? Здесь соотношение рецепторов и *мозговых концов* анализаторов иное, нежели в актах зрения и слуха.

Если в световом и звуковом анализаторах имеются частично перекрещивающиеся связи, то в области кожно-механического анализатора существует иная связь рецепторов с корой головного мозга. И. П. Павлов на основании тщательных исследований установил, что прямых путей, связывающих кожу половины тела с полушарием той же стороны, нет. Кожные рецепторы правой руки связаны с левым полушарием, левой руки — с правым полушарием. Аналогичный полный перекрест известен в отношении двигательных путей от коры головного мозга к рабочим органам. По данным павловской школы следует, что ядра этих двух анализаторов находятся в близких, но раздельных областях, а рассеянные клетки обоих анализаторов распространены почти по всей коре, как бы переслаиваясь друг с другом. Примечательно, что условный рефлекс с кожно-механического анализатора можно образовать, не вовлекая в деятельность двигательный анализатор.

Как же представить себе взаимодействие кожных и двигательных рецепторов обеих рук в отношении механизмов соответствующих анализаторов?

Поставленный вопрос крайне важен, если учесть неправильные выводы из чисто морфологических представлений о связях этих рецепторов и мозговых концов анализаторов. Дело в том, что, основываясь на данных о полном перекресте кожно-механических и двигательных путей в медицине и физиологии, обычно полагают, что каждая половина тела связана *лишь* с противоположным полушарием головного мозга. Отсюда традиционная схема локализации функций правой руки в левом полушарии, левой руки — в правом полушарии. В такой схеме человек расчленен на две различные половины, между собой непосредственно не связанные. Подобные воззрения широко распространены в клинической неврологии, где явления гемиплегии или гемипареза трактуются как прямое доказательство участия только одного полушария в действиях (и кожной чувствительности) противоположной стороны тела. При этом до настоящего времени

игнорируются открытые в школе И. П. Павлова факты переноса кожно-механических и двигательных условных рефлексов с *одной* половины тела на другую. Между тем в нормальном состоянии большие полушария *не только разделены* регуляцией разных половин тела и дублируют друг друга, но и *соединены* общей сигнальной, условнорефлекторной деятельностью во взаимодействиях организма со средой.

Комиссуральные связи между обоими полушариями обеспечивают иррадиацию как возбуждения, так и торможения из симметричных пунктов одного полушария в симметричные пункты другого. Кожно-механические рецепторы одной половины тела, несмотря на то, что чувствующими нервами они соединены только с одним полушарием противоположной стороны, связаны с обоими полушариями через комиссуральные пути, т. е. имеют единый мозговой конец кожно-механического анализатора. Подобная же (комиссуральная) связь соединяет две стороны мозгового конца двигательного анализатора в единую функциональную систему.

Можно ли думать, что левая рука связана только с правым полушарием, правая — только с левым полушарием, что деятельность одной руки есть функция *одного* из полушарий?

Такой взгляд был широко распространен в литературе, особенно по вопросу о гемиплегиях и гемипарезах. Между тем, природа правшества и левшества, как и вообще функциональных асимметрий, значительно более сложная. Можно предполагать, что преобладание одной из рук в процессе взаимодействия их обеих определяется парной работой обоих полушарий.

Для обоснования подобного предположения целесообразно было выяснить следующее: вовлекается ли одноименное (например правое) полушарие головного мозга в корковую динамику, регулирующую деятельность руки той же половины тела (например правой), или, напротив, деятельность той или иной руки регулируется лишь корковой динамикой противоположного полушария (в силу перекреста путей).

С целью ответить именно на этот вопрос А. В. Идельсоном было проведено экспериментальное исследование, представляющее собой опыт электроэнцефалографического исследования осязания. Этим исследованием мы руководили совместно с проф. П. О. Макаровым, консультировавшим экспериментально-методическую часть.

С помощью усилителей мозговых потенциалов (отводимых от коры головного мозга токов действия) и высокоподвижной регистрирующей аппаратуры записывались электроэнцефалограммы в процессе решения испытуемым экспериментальных задач на осязательное различение фигур. Общая задача электрофизиологического исследования состояла в том, чтобы определить, в какой степени процесс возбуждения распространяется на оба полушария и на разные зоны одного полушария при активном *осязании одной рукой*. Записи токов действия велись посредством чернильного осциллографа, записывающего одновременно четыре кривые (с отметкой времени в секундах, а также моментов начала и конца раздражения).

Опыты были произведены над пятью испытуемыми со следующими заданиями: 1) двигать кистью и пальцами левой руки; 2) двигать кистью и пальцами правой руки; 3) выполнять то же движение одновременно обеими руками; 4) ощупывать левой рукой плоскую фанерную фигуру до возникновения в сознании точного образа фигуры. Записывались одновременно четыре кривые, снимавшие разность потенциалов между точками лобной, теменной и затылочной областей больших полушарий.

В опытах над двумя лицами было применено так называемое биполярное отведение, но в дальнейшем (с тремя испытуемыми) наблюдения производились посредством так называемого монополярного отведения токов действия.

После обработки электроэнцефалографических кривых А. В. Идельсон пришел к выводу о существенной разнице токов действия при простых произвольных движениях, с одной стороны, и активном осязании — с другой. Во-первых, как при раздельных движениях левой руки, так и при раздельных движениях правой руки наблюдается электрическая активность *в обоих полушариях,* а не в одном из них. «Однополушарной» активности при обособленных движениях каждой отдельной руки не было отмечено вовсе. При сравнении данных электроэнцефалограммы правого и левого полушарий при раздельных движениях обеих рук А. В. Идельсон отметил существенную разницу. Она оказалась в том, что при движениях левой руки правое полушарие возбуждается сильнее, чем левое полушарие при движениях правой руки.

Качественно иная картина обнаружена А. В. Идельсоном и при анализе динамики токов действия в процессе активного осязания одной (левой) рукой. В этом случае электрическая активность приблизительно равна *в обоих полушариях.* Преимущественной работы правого полушария («центра» левой руки) А. В. Идельсон не наблюдал ни в одном случае. Были отмечены особенности разных фаз процесса, в том числе и то обстоятельство, что при восприятии сложной фигуры левой рукой обнаруживается некоторое ослабление электрической активности для правой руки.

Обобщая данные опытов с биполярным отведением, А. В. Идельсон сделал правомерный вывод: чем сложнее задача, поставленная перед человеком, тем более иррадиирует возбуждение коры на второе, одноименное с рукой, полушарие; чем сложнее задача, тем активнее возбуждение коры во время деятельности руки. Далее отмечено, что как при осязании, так и при мелких движениях кисти и пальцев правой руке соответствует большая активность коры, чем левой, в чем А. В. Идельсон усмотрел факт большей трудности этих движений и действий именно для правой руки. Правдоподобность данного предположения выявляется при сопоставлении с другими данными о том, что левая рука у правшей больше развита в отношении осязания, чем правая (развитая в отношении более крупных движений целостного аппарата, включающего в себя площадь от кисти рук до плечевого сустава).

Для проверки сделанных выводов имеет большое значение ана-

лиз данных опытов с монополярным отведением токов действия, где возможно членение явлений электрической активности коры по работе ее отдельных областей.

Обработка электроэнцефалограмм в этой серии опытов позволила дифференцировать данные процессов движения любой одной руки или обеих рук. Характерно глубокое вовлечение всей коры в процесс возбуждения *в начале* и *конце* движения. В середине процесса, как правило, возбуждены противоположные данной руке теменные и затылочные доли, но в меньшей степени, чем в начале процесса.

При осязательном восприятии простой фигуры одной рукой *во все время* процесса ощупывания наблюдается электрическая активность во всей коре, но не одновременно. Лобные доли обоих полушарий работают в основном в первой половине процесса ощупывания, что можно объяснить речевым характером задания (инструкции) и инициативой речедвигательных механизмов процесса восприятия. Особенно характерно, что часто выключаются во второй половине процесса ощупывания теменные области, в которых обычно локализуют осязание. Можно предположить что ядерные клетки кожно-механического анализатора передают к этому времени возбуждение к рассеянным клеткам данного анализатора. Возможно и другое предположение: *у зрячего* человека осязательный образ визуализируется, переводится на схему зрительного представления (после получения отдельных импульсов осязательным путем). Это предположение подтверждается тем, что *во все время процесса* ощупывания так или иначе работают затылочные доли.

Однако вывод о выключении теменных долей во второй половине времени процесса относится не к любой деятельности любой руки, а к определенной деятельности определенной руки. Данный вывод вытекает лишь из наблюдений за состоянием возбуждения *теменных долей обоих полушарий при осязательном различении левой рукой.*

В процессе осязательного различения *правой рукой теменные доли обоих полушарий активны во все время ощупывания* (у трех испытуемых из четырех). К тому же, левая теменная доля (соответствующая правой руке) более активна именно во второй половине времени процесса, а не в первой. Из этого следует, что при осязании правой рукой происходит как бы новообразование, установление временных связей и их дифференцировка. Правая рука проявляет себя менее готовой к указанной деятельности, чем левая. Приведенный факт корреспондирует с фактом А. А. Рыковой о большей остроте кожной чувствительности левой руки у правшей, а отсюда и о выработке условного рефлекса на повышение чувствительности.

Интересен и другой факт, имеющий много общего с полученными нами данными. А. В. Идельсон обнаружил, что при простых произвольных движениях любой одной руки в середине процесса имеет место активность в долях одного полушария (противоположного данной руке), в то время как начало и конец процесса протекают при активности обоих полушарий.

А. В. Идельсон правильно объясняет данное явление тем, что процесс осуществления заданных простых движений автоматизируется. Можно было бы уточнить высказанное предположение соображением о том, что установившиеся связи протекают при наличии концентрации возбуждения в очаге одного полушария, что означает торможение в другом полушарии. Здесь сказывается отрицательная индукция нервных процессов. При осязательном различении любой рукой даже самой простой фигуры кора работает как целое, т. е. в процесс вовлечены оба полушария. Но при этом наблюдалось, что во время работы правой руки теменные доли более активны, нежели другие области коры, причем теменная доля правого полушария более активна по сравнению с симметричной долей левого полушария. Можно предполагать, что в данном случае относительное торможение теменной доли левого полушария ведет к возбуждению всей теменной доли правого полушария, т. е. развивается положительная индукция нервных процессов.

В процессе осязательного различения сложной фигуры имеют место одинаковые изменения электрической активности коры как при работе правой, так и при работе левой руки, т. е. функциональная асимметрия отсутствует. Работа во все время процесса носила симметричный, уравновешенный и целостный характер соединенной работы больших полушарий.

Обобщая данные, А. В. Идельсон имел основание предположить, что возбуждение по-разному иррадиирует на оба полушария и отдельные доли полушария при простых движениях и ощупывании (осязательном восприятии). Взаимная индукция процессов в обоих полушариях и различных зонах коры является фактом изменяющимся. Поэтому положительная и отрицательная индукция, как это открыл И. П. Павлов, явственно проявляют себя как *фазы* взаимных индукций обоих полушарий. Связи между обоими полушариями устанавливаются *временно*, отражая изменение условий деятельности человека, степень объективной трудности решения поставленных перед ним задач.

Начало и конец процесса в электроэнцефалограммах всегда характеризуются общей активностью всей коры, а особенно большой активностью лобных долей. Это обстоятельство А. В. Идельсон рассматривает как показатель активного регулирующего действия второй сигнальной системы на работу первой. Подобное предположение необходимо проверить путем одновременной записи токов действия речедвигательного аппарата. Из психологических данных известно, что явления внутренней речи действительно прерывны, появляются при новой задаче и вновь возникают при обобщении производимых действий.

Итак, на основании опытов А. В. Идельсона мы вновь приходим к заключению, что благодаря комиссуральным связям между обоими полушариями работа каждой руки есть функция соединенной деятельности обоих полушарий, а изменяющееся взаимоотношение обеих рук является выражением фазного характера взаимной индукции нервных процессов в обоих полушариях.

Совместно с А. Н. Давыдовой мы установили, что при двуручном синхронном осязании целостный образ не формировался вовсе или формировался с чрезвычайными трудностями. Бимануальный образ предмета ясно расщеплялся на две половины: левую и правую. Подобное «удвоение образа» возникает в бинокулярном зрении в виде борьбы полей зрения обоих глаз или резкой диспаратности изображения. Но характерно для бимануального, синхронно возникающего образа то обстоятельство, что кажущееся расщепление предмета возникает в строго определенных местах, а именно — в местах схождения обеих рук в процессе ощупывания. Подобное «двоение» уже не имеет никакой аналогии в бинокулярном зрении.

Обнаружив этот феномен в опытах совместно с А. Н. Давыдовой, мы поставили задачей систематически изучить особенности бимануального осязания как плоских, так и объемных объектов. В течение трех лет эту задачу решали А. В. Идельсон и Б. Ф. Ломов.

Работы по изучению бимануального восприятия плоскостных фигур велись совместно Б. Ф. Ломовым и А. В. Идельсоном. Наблюдения по изучению бимануального осязания объемных фигур были затем проведены Б. Ф. Ломовым. В опытах Б. Ф. Ломова испытуемому предлагалось ощупать несколько фигур (как плоскостных, так и объемных) левой рукой и несколько правой. Затем, спустя 3—4 месяца, испытуемый ощупывал те предметы, которые ранее были даны в левую руку, правой рукой, а те, которые ранее ощупывались правой рукой, — левой.

Другая серия опытов заключалась в ощупывании предметов двумя руками по заданному в инструкции плану движений, а также свободно, без заданной синхронности движений обеих рук. При этом учитывалось, какая из рук является ведущей в отношении совершаемых привычных движений в трудовых операциях, письме и т. д. При раздельном ощупывании правой и левой руками плоскостных фигур ясно обнаружилась разница *во времени* ощупывания (необходимого для возникновения адекватного образа). Оказалось, что в большинстве случаев (65%) время ощупывания для *левой руки* короче, нежели для правой. В 29% всех случаев время ощупывания правой рукой было короче, чем левой. Только в 6% имело место равное время для правой и левой рук. Из приведенного факта видно, что и в данных опытах проявилась указанная выше левосторонняя асимметрия в развитии осязания.

Это же явление подтвердилось в опытах с раздельным одноручным осязанием объемных фигур. Оказалось, что в большинстве случаев (67%) время ощупывания для левой руки короче, нежели для правой. В 27% всех случаев время ощупывания правой рукой было короче, чем левой. Только в 6% случаев имело место *равное время* для правой и левой рук.

Б. Ф. Ломов произвел специальный эксперимент для выяснения того, в какой мере это явление типично и для *пассивного* осязания. С этой целью была избрана дифференцировка раздражений ладонью правой и левой рук. Здесь выявились некоторые дополнительные явления. В 50% случаев обнаружилась большая точность показаний

ладони левой руки (у правшей), в 20% — обратное явление, большая точность правой руки, но в 30% — полное равенство (симметрия адекватного отражения ладонями обеих рук). У одних и тех же испытуемых, как и во всех опытах по изучению других анализаторов, был подмечен факт изменения взаимодействия обеих частей кожно-механического и двигательного анализаторов *с изменением условий деятельности человека.*

Весьма интересными данными являются факты бимануального ощупывания. Исследователи установили, что необходимость бимануального ощупывания определяется площадью, величиной объекта, а также его объемом, т. е. пространственными признаками и отношениями самого предмета. Дело в том, что *с увеличением* площади фигуры одноручное осязание, в том числе и левой рукой, становится затруднительным и неточным. Осязательное поле одной руки для больших фигур явно недостаточно, оно концентрически сужено сравнительно с площадью большого объекта, а осязательные сигналы приобретают неустойчивый характер.

Необходимость в бимануальном осязании возникает именно при больших площадях объекта. Характерно, что по отношению к таким фигурам *время* ощупывания в бимануальном осязании сокращается в полтора-два раза сравнительно с одноручным осязанием больших фигур. Б. Ф. Ломов объясняет укорочение времени тем, что другая рука становится фиксированным началом координатной системы данной руки и наоборот, т. е. образуется единая координатная система обеих рук, необходимая для возникновения целостного, нерасчлененного образа предмета. Одна рука фиксирует угол или ребро (реже грань) воспринимаемого предмета, другая последовательно движется по его поверхности. Но на разных стадиях процесса руки меняются функциями: в начале отсчета левая рука фиксирует какой-либо пункт (обычно левый нижний угол), а правая последовательно ощупывает правую сторону предмета. В конце процесса опорную функцию несет уже правая рука, фиксирующая правый нижний угол, а левая рука ощупывает левую сторону предмета.

Б. Ф. Ломов обратил внимание на *пространственное* разделение действий рук: правая рука резко заходит на левую сторону, а левая — на правую сторону предмета. Разделение рук понятно поэтому только в связи с их соединением, взаимодействием в процессе ощупывания. Подобное явление обнаруживалось при ощупывании не только больших, но и небольших фигур, если они были сложными многогранными и асимметричными по своему строению. Б. Ф. Ломов заметил, однако, что диапазон действия (поле ощупывания) правой руки несколько больше сравнительно с левой рукой, что связано с преобладанием правой руки в области кинестезии.

При ощупывании объемных фигур руки в каждый отдельный момент помещаются на *противоположных гранях,* постепенно перемещаясь относительно друг друга.

Все эти факты характеризуют обычные, несинхронизованные ощупывающие действия обеих рук.

Перейдем теперь к данным относительно бимануального осязания при синхронном протекании ощупывающих движений обеих рук.

Можно установить, что синхронные движения при ощупывании двумя руками *вполне симметричных* фигур не приводят к тому расщеплению единого образа предмета, которое было констатировано нами совместно с А. Н. Давыдовой. Синхронные движения здесь способствовали формированию целостного и адекватного образа предмета. Расщепление, «двоение» образа обнаружилось, однако, с исключительной яркостью в опытах синхронного бимануального ощупывания асимметричных плоскостных фигур, подтвердив замеченный ранее интересный факт.

Синхронное ощупывание несимметричных плоских фигур требовало от 7 до 15 повторных ощупываний для преодоления двойственности субъективного образа предмета. При этом ясно проявилась борьба осязательных полей обеих рук, аналогичная борьбе полей зрения при резкой диспаратности изображения на сетчатках обоих глаз. В данном случае образ складывается медленно и постепенно, причем каждая фаза восприятия не только дополняет предшествующую, но в известной мере ее отрицает, преодолевает, формирование образа начинается с определения точки расхождения, а затем схождения рук, где имеет место непосредственное их соприкосновение. Тем самым замыкаются связи между сигналами с обеих рук и устанавливаются пространственные координаты, вокруг которых при последующих ощупываниях группируются остальные ее элементы. Сигнальная роль устанавливаемых пространственных координат обнаруживается при ощупывании одной и той же фигуры в различных положениях (0, 90, 180, 270°). Данная фигура в каждом из этих положений воспринималась как новая, т. е. не узнавалась. При повторных изменениях пространственного положения фигур заново строится вся система соотношений сторон воспринимающего человека (его правой и левой рук) и сторон объекта. Действительно, нельзя не учитывать того, что и само человеческое тело *пространственно*, что изменение взаимоотношений человеческого тела и предмета в пространстве требует *образования новых временных* связей, анализирующих и синтезирующих пространственные отношения человеческого тела и предмета.

Любопытно, что при подобной перестройке пространственных отношений раньше всего проясняется для человека *левая* сторона предмета, относительно которой производится анализ всей фигуры в целом. Б. Ф. Ломов, впрочем, считает *причиной* наблюдаемого расщепления образа не асимметрию рук, а нарушение системы отсчета, осуществляемой координатной системой обеих рук.

Нам представляется, что оба эти момента являются следствием более общей причины, а именно — изменения индуктивных отношений между работой обоих полушарий с изменением внешних условий. Однако указанный Б. Ф. Ломовым момент несомненно важен в том смысле, что нарушение установившейся в опыте (благодаря взаимодействию пальцев каждой руки и обеих рук) системы отсчета вызывает активную работу второй сигнальной системы, которая

компенсирует это нарушение разнообразными путями. Б. Ф. Ломов показал, что речь именно здесь приобретает организующее значение, причем в процессе подобного восприятия изменяется и усложняется ее грамматическая структура.

Наконец, важно отметить еще одно ценное наблюдение Б. Ф. Ломова. Оказалось, что при синхронных движениях обеих рук всегда имеет место синхронное движение одноименных пальцев обеих рук.

При бимануальном *синхронном* ощупывании *объемных* фигур Б. Ф. Ломовым получены новые данные. Подтвердилось то положение, что симметричные фигуры распознаются легко, а несимметричные фигуры — трудно (общее с синхронным бимануальным восприятием плоскостных фигур). *Новое* обнаружилось, однако, в том, что степень этой трудности снизилась в несколько раз. Если при синхронном бимануальном ощупывании плоских фигур расщепление образа встречалось в 60% случаев, то при аналогичном ощупывании объемных фигур количество таких ошибок снизилось до 10%. Скорость ощупывания возрастает при этом приблизительно *в три раза*. Чем объясняется этот важный факт? Во-первых, тем, что кожно-механические и двигательные раздражения от *рельефа предмета,* как подчеркнул еще И. П. Павлов, являются безусловными для этих анализаторов раздражителями. Временные связи между отдельными раздражениями возникают легко на почве безусловных раздражений. Во-вторых, тем, что объемные соотношения благоприятствуют переносу образуемых условных рефлексов с одной стороны на другую, как в ощупываемых действиях. Примечательно, что в словесном отчете испытуемых многие из них не могли после произведенных действий с уверенностью ответить на вопрос: какие детали находятся на левой стороне предмета, а какие на правой, а иногда давали зеркальный рисунок воспринимавшихся сторон предмета. Такой перенос возникал только при синхронных движениях по объемным формам и отсутствовал при неравномерных движениях обеих рук. Вероятно, в первом случае имела место иррадиация возбуждения в симметричных точках обоих полушарий. При асинхронных движениях замечается смена возбуждения одной стороны вследствие возбуждения вводимой в действие другой руки, т. е. явление отрицательной индукции.

Интересно, что в тех случаях, когда испытуемый знал о возможности «асимметричивания» образа или был предупрежден об этом, данное явление исключалось полностью или выступало в значительно более слабой степени. В этом Б. Ф. Ломов справедливо усмотрел *тормозящее* влияние второй сигнальной системы на индукцию нервных процессов в анализаторах. Предстоят многие исследования для конкретизации и развития этого важного предположения.

Последнее наблюдение Б. Ф. Ломова касается изменения взаимодействия пальцев в процессе бимануального ощупывания. Опыты показали, что в бимануальном ощупывании (особенно плоских фигур в синхронном) большие пальцы обычно не участвуют, они отставляются, в то время как в одноручном осязании они составляют фикси-

рующее начало в системе отсчета. В бимануальном ощупывании объемных фигур они участвуют весьма активно, так как только взаимодействие больших и указательных пальцев необходимо для определения *глубины* объемных отношений предмета.

При бимануальном ощупывании объемных фигур резко увеличивается роль *ладоней* обеих рук, которые мало участвуют в ощупывании плоских фигур.

Специальными опытами с одновременным ощупыванием двумя руками *двух* разных плоских фигур Б. Ф. Ломов установил такую возможность в том случае, если это ощупывание осуществляется посредством взаимодействия больших и указательных пальцев обеих рук, причем в каждый отдельный момент ощупывания пальцы рук двигаются по сходным частям контуров обеих фигур. В случае включения всех пальцев обеих рук одновременное восприятие двух разных фигур было невозможно. Очевидно, это явление связано с одновременным протеканием нервных процессов во многих пространственно разделенных точках обоих полушарий, что затрудняет вычленение фаз процесса взаимной индукции.

Сравнивая различные данные о взаимодействии сторон в осязательно-пространственном различении, мы вновь приходим к выводу о том, что асимметрия рук (как рецепторов) функционального происхождения, что она носит ясно выраженный индуктивный характер. Подобная закономерность относится как к одноручному, так и к двуручному осязанию. В последнем случае взаимная индукция усложнена в большей степени. Далее ясно, что изменение индуктивного механизма *отражает изменение* внешних условий деятельности, т. е. *носит условнорефлекторный характер.* Перестройка асимметрий свидетельствует об определенной зависимости анализаторной деятельности от условий внешней среды, т. е от изменений взаимоотношений обоих полушарий *адекватно* изменившимся условиям среды.

При обсуждении экспериментальных данных о функциональных асимметриях в области *активного осязания* нам пришлось затронуть вопрос и о функциональных асимметриях в кинестетическом отражении пространства.

Условнорефлекторный механизм деятельности коры больших полушарий обеспечивает замыкание связей между различными анализаторами в определенных жизненных условиях, обусловливающих совместную работу ряда анализаторов. Связь руки и глаза, кинестетической и зрительной функций является типичной формой подобной интермодальной ассоциации ощущения, условнорефлекторно обусловленного взаимодействия анализаторов. Эта ассоциация зрительно-кинестетических ощущений носит название зрительно-моторной координации. Все трудовые, учебные и игровые действия человека осуществляются при обязательном участии зрительно-моторной координации. Мы не имеем возможности здесь рассмотреть этот важный вопрос в целом и рассмотрим его лишь в отношении избирательных *сторонних связей* в зрительно-моторной координации.

Ценные факты представлены в исследовании М. П. Ашмутайт, длительно изучавшей явления зрительно-моторной координации у

инвалидов-правшей, правая рука которых была ампутирована. Автор практически вырабатывал у этих людей систему навыков письма левой, неведущей рукой. Принципом переучивания был перенос и развитие навыков письма с ведущей руки на неведущую.

Вот некоторые, наиболее яркие для поставленного вопроса о зрительно-моторной координации данные. М. П. Ашмутайт показала, что ведущий глаз играет активную роль не только в бинокулярном зрении, но и в общей структуре зрительно-моторной координации, так как при правом ведущем глазе прежний навык письма, свойственный правой руке, осуществляется быстрее и успешнее при левом ведущем глазе.

Далее оказалось, что у лиц с правым ведущим глазом и правой рукой отмечается почерк с наклоном в правую сторону, нормативным для письменной речи. В случаях преобладания левой руки и левого глаза в зрительно-моторной координации наблюдалось письмо с наклоном в левую сторону. При *переобучении* левой рукой письму инвалидов-правшей необходимо было: 1) снять левосторонний наклон письма в начале переобучения и 2) индивидуализировать почерк левой рукой, что также составляло предмет длительного труда.

Об этих фактах М. П. Ашмутайт следовало упомянуть в связи с тем, что ею обнаружен ряд важных явлений *перестройки зрительно-моторной координации в процессе переобучения письму.*

Нас интересовал вопрос о перестройке зрительно-моторной координации у здоровых людей с тем, чтобы в процессе перестройки выявить явление функциональной асимметрии в зрительно-моторной координации. С этой целью в нашей лаборатории были поставлены опыты И. В. Колычевой в двух сериях. Первая из них составляла определение асимметрии прицельной способности глаза; во второй использовалась призма Дове (искажающая правильные показания глаза) для актов письма и рисования. В зависимости от положения призмы изображения оказывались перевернутыми или сверху вниз, или справа налево. Испытуемому предлагалось, смотря через эту призму попеременно то правым, то левым глазом, выполнять поочередно ряд заданий: начертить на бумаге треугольник, пятиконечную звезду, провести горизонтальную линию, поставить 10 точек по горизонтали на одинаковом расстоянии друг от друга, написать слово («тяжесть»). Среди 30 испытуемых оказалось 20 правосторонних асимметриков в зрении и кинестезии, 9 правшей с левым ведущим глазом, 1 левосторонний асимметрик в зрении и кинестезии, 1 левша с правым ведущим глазом. Примененная методика позволила выявить не только роль зрения в осуществлении привычных движений, но и роль самой кинестезии в корректировании ошибок показаний глаз (при искажениях в призме Дове).

Отметим некоторые важные для данного вопроса результаты опытов И. В. Колычевой. Правши с правым ведущим глазом при выполнении экспериментальных действий *правой рукой* и *правым глазом* ориентируются на бумаге лучше, чем при работе правой рукой и левым глазом. В подобном положении их рисунки расположены равномерно, неправильные показания глаза корректируются скорее

и точнее. При выполнении работы правой рукой, но под контролем левого глаза поле зрения их *сужается,* а рисунки смещаются в левую сторону, связи между элементами рисунка или начертания слова устанавливаются с трудом.

Правша с левосторонней зрительной асимметрией успешнее работает правой рукой при фиксации левым глазом. Однако оказалось, что некоторые другие правши с ведущим *левым глазом* обнаружили лучшее качество и укороченное время при действии *левой рукой* под контролем как правого, так и левого глаза. Но эта картина существенно изменяется с переходом от рисунка к письму. Письмо неразрывно связано с процессом чтения написанного. В наших опытах, вследствие неправильных показаний зрения, письмо и чтение были искусственно обособлены. Чтение искажало правильно написанные буквы и тормозило дальнейший процесс письма.

При рисовании в условиях искажающего влияния зрения была отмечена особая роль руки как корректора ошибок зрения. Неправильные показания зрения с успехом исправляются движениями ведущей в выполнении рисунков руки. Перенос навыков рисования с ведущей руки на неведущую при неправильных показаниях зрения в большинстве случаев был неосуществим. Однако в пределах движений *ведущей* руки наиболее благоприятно сказывалось сочетание с ведущим глазом, посредством которого легче находят оставленную точку, при котором нет сужения поля зрения, крайне затруднительного в этих искусственных условиях.

Несколько иначе складывается зрительно-моторное соотношение в акте письма. Здесь ведущая рука и ведущий глаз вступают в более острое противоречие, чем при связях ведущей руки с неведущим глазом и наоборот. Они как бы тормозят друг друга в такой степени, что элементарное написание одного слова становится невозможным. В таких условиях у большинства испытуемых наблюдалась перестройка сторонних отношений, складывалась новая координация движений и зрения посредством письма в обратную сторону — справа налево. К тому же более благоприятные условиях создавала связь правой руки и левого глаза. Поэтому естественно, что легче всего данный процесс протекал у правшей с левосторонней зрительной асимметрией. Но характерно, что и в остальных случаях происходила подобная перестройка, возраставшая успешно от опыта к опыту.

Очевидно, в основе зрительно-моторной координации лежит более или менее прочная условнорефлекторная связь мозговых концов обоих анализаторов в обоих полушариях головного мозга. Создание такой прочной связи есть продукт многолетнего воспитания и обучения, а затем трудовой деятельности человека.

* *
*

Полученные нами совместно с рядом сотрудников экспериментальные данные обнаружили общий характер функциональных асимметрий в деятельности основных анализаторов, проявляющихся

своеобразно в пространственно-различительной работе каждого из них. В этом мы усматриваем проявление парной работы больших полушарий головного мозга человека, своеобразие которой является продуктом общественно-трудового происхождения и развития людей.

Изучение пространственно-различительной деятельности анализаторов внешней среды показывает, что чувственное отражение пространства осуществляется каждым из этих анализаторов. Взаимосвязи между анализаторами возникают в процессе образования и дифференцировки условных рефлексов на пространственные сигналы. Можно предположить, что система таких временных связей или ассоциаций по пространственной смежности составляет основу целостного восприятия пространства.

ЛИТЕРАТУРА

Авербах М. И. Офтальмологические очерки. М.—Л., 1940.

Адамович Н. А. К вопросу о пространственной локализации звука в вертикальном направлении. Физиол. акустика, т. I, М.—Л., 1949.

Александрова М. Д. О качественной характеристике пространственных порогов зрительного восприятия. Уч. зап. ЛГУ № 147, Психология, Л., 1953.

Алексеенко Н. Ю., С. М. Блинков, Г. В. Гершуни. Расстройства восприятия направления звука как симптом очагового поражения головного мозга. Физиол. акустика, т. I, М.—Л., 1949

Ананьев Б. Г. Материалы к психологической теории ощущения. Сб. «Проблемы психологии» под ред. Б. Г. Ананьева, Л., 1948.

Ананьев Б. Г. Опыт исследования монокулярной локализации объекта. Сб. «Проблемы психологии» под ред. Б. Г. Ананьев, Л., 1948.

Ананьев Б. Г. К психологической теории восприятия. Уч. зап. ЛГУ № 119, 1949.

Ананьев Б. Г. Проблема представлений в советской психологической науке. Филос. зап. АН СССР, 1950.

Ананьев Б. Г. Проблема парной работы больших полушарий в учении И. П. Павлова и психология. Сб. «Учение И. П. Павлова и философские вопросы психологии», изд. АН СССР, М., 1952.

Ананьев Б. Г. Развитие механизмов пространственного различения. Сб. «Вопросы общей и детской психологии» под ред. Б. Г. Ананьева, М., 1954.

Ананьев Б. Г. Функциональные асимметрии в осязательно-пространственном различении. Уч. зап. ЛГУ № 185, Психология, Л., 1954.

Ананьев Б. Г., Г. А. Бахтадзе, Т. И. Глонти. О применении психофизиологии в комплексной диагностике посткоммоционно-контузионных состояний. Сб. «Вопросы психофизиологии и клиники чувствительности» под ред. Б. Г. Ананьева, Л., 1947.

Ананьев Б. Г., А. Н. Давыдова. Опыт исследования бимануального осязания. Уч. зап. ЛГУ № 119, 1949.

Ананьев Б. Г., А. Н. Попова. Некоторые психологические вопросы первоначального обучения грамоте. Изв. Акад. пед. наук, вып. 26 под ред. Б. Г. Ананьева, 1950.

Асратян Э. А. К физиологии временной связи. Сб. «Учение И. П. Павлова и философские вопросы психологии», изд. АН СССР, М., 1952.

Ашмутайт М. П. Особенности переобучения письму левой рукой при ампутации или недеятельности правой руки. Сб. «Вопросы общей и детской психологии» под ред. Б. Г. Ананьева, М., 1954.

Бехтерев В. М. Основы рефлексологии человека, Л., 1927.

Бронштейн А. И. О взаимоотношении слуховой и тактильной афферентации в пространственной ориентировке. Физиол. акустика, т. II, 1949.

Бронштейн А. И. Вкус и обоняние. М.—Л., 1950.
Бруксон М. Г. К вопросу о взаимодействии монокулярных функций. Уч. зап. ЛГУ № 147, Психология, Л., 1953.
Быков К. М. Опыты по вопросу о парной работе больших полушарий. Архив биол. наук, Юбил. том в честь И. П. Павлова, 1925.
Быков К. М., А. Д. Сперанский. Собака с перерезанным corpus callosum. Тр. физиол. лабор. И. П. Павлова, т. I, вып. 1, 1924.
Бычков М. С. Биоэлектрические явления в моторной зоне коры головного мозга и в мышцах при так называемом идеомоторном акте. Уч. зап. ЛГУ № 147, Психология, Л., 1953.
Веденов А. В. О динамике обонятельных представлений. Сб. «Исследования по проблеме чувствительности» под ред. В. П. Осипова и Б. Г. Ананьева, Л., 1940.
Веккер Л. М. О динамике осязательного образа в зависимости от характера движений. Сб. «Проблемы психологии» под ред. Б. Г. Ананьева, Л., 1948.
Веккер Л. М. К проблеме осязательного восприятия. Уч. зап. ЛГУ № 147, Психология, Л., 1953.
Воронова Р. А. О дифференцировке пространственных сигналов при поражении опорно-двигательного аппарата. Уч. зап. ЛГУ № 185, Психология, Л., 1954.
Вудвортс Р. Экспериментальная психология. М., 1950.
Галкина О. И. Психологические вопросы наглядности в начальном обучении. Масштаб в изобразительной наглядности. Изв. Акад. пед. наук, вып. 26, под ред. Б. Г. Ананьева, 1950.
Галкина О. И. Рисование в начальной школе (опыт психолого-педагогического исследования). М., 1953.
Галкина О. И. О восприятии детьми формы при обучении письму и рисованию в I классе. Сб. «Вопросы общей и детской психологии» под ред. Б. Г. Ананьева, М., 1954.
Гассовский Л. Н., Н. А. Никольская. Подвижность глаза в процессе фиксации точки. Физиол. оптика, т. I, М.—Л., 1941.
Геринг Э. Пространственное чувство и движение глаза. В кн. «Руководство к физиологии Германна», СПб., 1887.
Горячева Е. М. О монокулярной локализации объекта в пространстве при изменении угла зрения. Уч. зап. ЛГУ № 147, Психология, Л., 1953
Гремяцкий М. А. Анатомия человека. М., 1950.
Драпкина С. Е. Влияние соотношения длительности и громкости звука на его локализацию. Сб. «Вопросы психофизиологии и клиники чувствительности» под ред. Б. Г. Ананьева, Л., 1947.
Драпкина С. Е. Особенности различения расстояния на основе восприятия звука. Сб. «Вопросы общей и детской психологии» под ред. Б. Г. Ананьева, М., 1954.
Зайончковский М. Ю., В. В. Склярович, К. Д. Ребонэ. К вопросу об исследовании восприятия глубины и стереоскопического зрения. Сов. вестн. офтальмологии, вып. 6, 1934.
Зимкин Н. В. О состоянии аккомодации при стрельбе из ручного оружия. Вестн. офтальмологии № 12, 1937.
Зимкин Н. В. Пороги бинокулярного глубинного зрения для различных участков сетчатки в условиях слабых освещенностей. Тр. Военно-мед. акад. им. С. М. Кирова, 1941.
Зотов А. И. О пространственной динамике ахроматического зрения у цветоаномалов. Сб. «Вопросы психофизиологии и клиники чувствительности» под ред. Б. Г. Ананьева, Л., 1947.
Зотов А. И. О пространственной динамике цветоощущения (на черном фоне) у цветоаномалов. Сб. «Вопросы психофизиологии и клиники чувствительности» под ред. Б. Г. Ананьева, Л., 1947.
Иоффе Ц. М. Глубинное зрение анизометропов. Вестн. офтальмологии № 3, 1937.

Каничева Р. А. Восприятие величины цветных объектов. Сб. «Исследования по проблеме чувствительности» под ред. В. П. Осипова и Б. Г. Ананьева, Л., 1940.

Каничева Р. А. О пространственной динамике светлотных соотношений при восприятии под малым углом зрения. Сб. «Вопросы психофизиологии и клиники чувствительности» под ред. Б. Г. Ананьева, Л., 1947.

Карпенко Н. М. О соотношении цвета и формы в зрительных представлениях. Сб. «Исследования по проблеме чувствительности» под ред. В. П. Осипова и Б. Г. Ананьева, Л., 1940.

Кауфман В. И. К психофизиологической постановке проблемы перкуссии и аускультации. Сов. невропсихиатрия, т. VI, 1941.

Кауфман В. И. Различение громкости звука. Сб. «Вопросы психофизиологии и клиники чувствительности» под ред. Б. Г. Ананьева, Л., 1947.

Кауфман В. И. Определение ведущего глаза по площади поля монокулярного зрения. Уч. зап. ЛГУ № 147, Психология, Л., 1953.

Кекчеев Г. Х.. Проприоцепция и интероцепция в клинике. М., 1947.

Колодная А. Я. Пространственные представления у больных с поражениями головного мозга. Тр. конфер. по восстановлению нарушенных мозговых функций, изд. МГУ, М., 1947.

Колодная А. Я. Развитие дифференцировки направлений «правого» и «левого» у детей дошкольного возраста. Изв. Акад. пед. наук, вып. 53, 1954.

Колодная А. Я. Нарушение дифференцировки «правого-левого» и роль кожного анализатора в ее восстановлении. Изв. Акад. пед. наук, вып. 53, 1954.

Колычева И. В. О связях ведущего глаза и ведущей руки. Уч. зап. ЛГУ № 185, 1954.

Коробко Б. Г. Глубинное зрение. Симферополь, 1946.

Кравков С. В. Острота зрения одного глаза в зависимости от освещения другого. Журн. прикл. физики, вып. 4, 1930.

Кравков С. В. Взаимодействия органов чувств. М., 1948.

Кравков С. В. Глаз и его работа. 4-е изд., М., 1950.

Кравков С. В., Я. Н. Семеновская. Влияние освещения одного глаза на последующую световую чувствительность другого. Сб. «Зрительные ощущения и восприятия», М., 1935.

Красногорский Н. И. Собр. соч., т. I, 1954.

Красотина В. С. Асимметрия полей зрения обоих глаз. Уч. зап. ЛГУ № 185, Психология, Л., 1954.

Лазарев П. Н. Основной психофизический закон и его современная формулировка. Успехи физических наук, вып. 2, М., 1921.

Леб Д. Организм как целое с физико-химической точки зрения. М., 1926.

Лебединский М. С. Афазии, агнозии, апраксии. М., 1941.

Литинский Г. А. Причины возникновения функциональной асимметрии глаз. «Русский офтальмологический журнал» № 1, 1929.

Литинский Г. А. Функциональная асимметрия глаз. «Русский офтальмологический журнал» № 4, 1929.

Литинский Г. А. Прицельная способность глаза и ее зависимость от превалирования ведущего глаза и от прицеливания двумя открытыми глазами. Сов. вестн. офтальмологии, вып. 6, 1936.

Литинский Г. А. Скорость восприятия глубины. Вестн. офтальмологии № 6, 1938.

Литинский Г. А. Глубинное зрение вдаль у лиц с пониженной остротой зрения одного глаза. Физиол. оптика, т. IV, М.—Л., 1947.

Литинский Г. А. Динамика глазных мышц и бинокулярное восприятие глубины (вдаль). Физиол. оптика, т. IV, М.—Л., 1947.

Ломов Б. Ф. Опыт экспериментального исследования двуручного обстоятельства восприятия. Уч. зап. ЛГУ № 185, Психология, 1954.

Луизов А. В. О видимости быстродвижущегося тела. Физиол. оптика, т. IV, М.—Л., 1947.

Лурия А. Р. Травматическая афазия. М., 1947.

Люблинская А. А. Овладение пространственными отношениями у ребенка дошкольного возраста. Сб. «Проблемы психологии» под ред. Б. Г. Ананьева, Л., 1948.

Люблинская А. А. Роль речи в развитии восприятия у детей дошкольного возраста. Сб. «Вопросы общей и детской психологии» под ред. Б. Г. Ананьева, М., 1954.

Мацанова В. А. О монокулярном восприятии глубины. Уч. зап. ЛГУ № 147, Психология, Л., 1953.

Меерович Р. И. Расстройство «схемы тела» при психических заболеваниях. Л., 1948.

Мирошина-Тонконогая Е. П. Об условных рефлексах со зрительного анализатора при монокулярной асимметрии. Уч. зап. ЛГУ № 185, Психология, 1954.

Музылев Ф. И. Зависимость остроты зрения от удаленности объекта. Вестн. офтальмологии. № 2, 1937.

Натадзе Р. Г. К вопросу о факторах непосредственности восприятия правого и левого направления пространства. Сообщ. АН Груз. ССР, т. XII, № 3, 1951.

Натадзе Р. Г. К вопросу о роли фактора руки при непосредственном восприятии правого и левого направления пространства Сообщ. АН Груз. ССР, т. XII, № 4, 1951.

Павлов И. П. Лекции о работе больших полушарий головного мозга. Соч., 2-е изд., т. IV, изд. АН СССР, 1951.

Павлов И. П. Один из очередных вопросов физиологии больших полушарий. Соч., 2-е изд., т. III, кн. 2, изд. АН СССР, 1951.

Панцырная Н. Г. Инструментальное осязательное восприятие плоскостных форм. Уч. зап. ЛГУ № 147, Психология, Л., 1953.

Позднова Г. П. Изменение точности движения руки при изменении положения тела. Уч. зап. ЛГУ, № 147, Психология, Л., 1953.

Прессман А. А. О роли предметного действия в формировании зрительного образа ребенка. Сб. «Проблемы психологии» под ред. Б. Г. Ананьева, Л., 1948.

Ржевкин С. Н. Слух и речь. М., 1936.

Сверлов В. С. Ощущения препятствия у слепых. М.—Л., 1950.

Сверлов В. С. Ориентировка слепых в пространстве. М.—Л., 1952.

Севрюгина М. А. Условнорефлекторное повышение остроты зрения. Вестн. офтальмологии, № 2, 1938.

Севрюгина М. А., Б. М. Теплов. Зависимость абсолютного порога от количества пространственно-раздельных пороговых раздражений. Сб. «Зрительные ощущения и восприятия», М., 1935.

Селецкая Л. И. Упражнение и перенос упражнения в функции различения яркостей. Бюлл. ВИЭМ, № 6, 1936.

Семагин В. Н. Биоэлектрические явления в мышцах при пространственных представлениях. Уч. зап. ЛГУ № 185, Психология, Л., 1954.

Сепп В. К., М. Б. Цукер, Е. В. Шмидт. Нервные болезни. М., 1950.

Сеченов И. М. Впечатления и действительность. Избр. филос. и психол. произв., М., 1947.

Сеченов И. М. Предметная мысль и действительность. Избр. филос. и психол. произв., М., 1947.

Сеченов И. М. Осязание как чувство, соответствующее зрению. Избр. филос. и психол. произв., М., 1947.

Сеченов И. М. Рефлексы головного мозга. Избр. филос. и психол. произв., М., 1947.

Смирнов А. А. Зависимость различительной чувствительности глаза от величины объекта. Сб. «Зрительные ощущения и восприятия», М., 1935.

Сорокин В. Ф. Сравнительное биомеханическое исследование разных видов ходьбы. Сб. тр. Лен. научно-исслед. инст. физ. культуры, т. III, 1940.

Ставрова Д. А. К исследованию вибрационной чувствительности. Уч. зап. ЛГУ № 185, Психология, Л., 1954.

Теплов Б. М. Пороги различения светлоты при разном окружении. «Психология», № 3, 1932.
Теплов Б. М. и С. П. Яковлева. О законах пространственного и временного смешения цветов. Сб. «Зрительные ощущения и восприятия», М., 1935.
Трон Е. Ж. Гемианопсии при огнестрельных ранениях черепа. Тр. Военно-морск. мед. акад., т. IV, ч. II, 1945.
Ухтомский А. А. Очерки физиологии нервной системы. Собр. соч., т. IV, Л., 1945.
Ухтомский А. А. Учение о доминанте. Собр. соч., т. I, Л., 1945.
Ухтомский А. А. Физиологические основы физической культуры и спорта. Под ред. Н. В. Зимкина. М., 1953.
Челпанов Г. И. Проблема восприятия пространства, т. II. Киев, 1896.
Четверухин Н. Ф. (Ред.). Вопросы формирования и развития пространственных представлений и пространственного воображения учащихся. Изв. Акад. пед. наук, вып. 21, 1945.
Шварц Л. А. К вопросу о способах повышения чувствительности органов чувств. Пробл. физиол. оптики, т. IX, М.—Л., 1950.
Шведова-Охотникова Е. М. Пороги зрительных иллюзий. Уч. зап. ЛГУ № 147, Психология, Л., 1953.
Шевелев Е. А., Д. И. Рахман. О феномене нарушения схемы тела при шизофрении. Сб. невропсихиатрических работ, посвящ. юбилею Р. Я. Голант, Л., 1940.
Шемякин Ф. Н. О психологии пространственных представлений. Тр. Инст. психологии, т I., 1940.
Шемякин Ф. Н. Развитие руки на первом году жизни ребенка. Тр. Инст. психологии, т. II, 1941.
Шемякин Ф. Н. Исследование топографических представлений. Изв. Акад. пед. наук, вып. 53, 1954.
Шифман Л. А. К вопросу о тактильном восприятии формы. Сб. «Исследования по проблеме чувствительности» под ред. В. П. Осипова и Б. Г. Ананьева, Л., 1940.
Шифман Л. А. К проблеме осязательного восприятия формы. Сб. «Исследования по проблеме чувствительности» под ред. В. П. Осипова и Б. Г. Ананьева, Л., 1940.
Яковлева Н. М. К вопросу о целостности восприятия. Уч. зап. ЛГУ № 147, Психология. Л., 1953.
Ярбус А. Л. О некоторых иллюзиях в оценке видимых расстояний между краями предметов. Сб. «Исследования по психологии восприятия», М., 1948.
Ярбус А. Л. О некоторых иллюзиях в оценке видимых частей сумм отрезков расстояний. Физиол. оптика, т. IX, 1950.
Ярмоленко А. В. Формирование пространственных представлений на ограниченной сенсорной основе. Сб. «Проблемы психологии» под ред. Б. Г. Ананьева, Л., 1948.

ОГЛАВЛЕНИЕ

АНАНЬЕВ Борис Герасимович
«Пространственное различение»

Редактор *Н. И. Дороненко*
Техн. редактор *А. С. Гатауллина.*
Корректоры *Г. А. Железнякова* и *Л. А. Стопцова*

Подп. к печати 31-V-1955 г. М-40026. Печ. л. 11 3/4. Уч.-изд. л. 13,54.
Бум. л. 5 7/8. Форм. бум. 60 × 92 1/16. Тираж 5000 экз. Заказ 311.

Типография ЛОЛГУ. Ленинград, Университетская наб., 7/9.